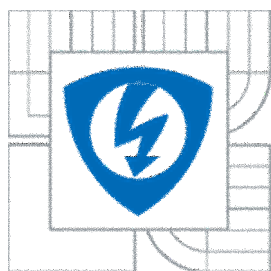




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

Analýza meteorologických dat ANALYSIS OF THE METEOROLOGICAL DATES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BARBORA VOTAVOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ ROZMAN, CSc.

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav biomedicínského inženýrství

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Biomedicínská technika a bioinformatika

Studentka: Barbora Votavová

ID: 106098

Ročník: 3

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Analýza meteorologických dat

POKyny PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se se strukturou dat snímaných na meteorologické stanici a po ověření vyberte vhodný programový prostředek pro provádění statistických studií časových řad.

Pro zvolená 3 typická meteorologická data vypracujte analýzu s grafickým vyjádřením v denním, týdenním a měsíčním intervalu.

Práce musí obsahovat : teoretický rozbor problematiky a grafická vyjádření provedených analýz.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Bednář J.: Meteorologie. Portál, Praha, 2003

[2] Rozman J. a kol.: Diagnostika životního prostředí. VUT FEI, Brno, 2000

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 31.5.2010

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Rozman, CSc.

prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Anotace

Cílem této práce je seznámit se se strukturou meteorologických dat, vybrat vhodný program pro jejich zpracování a provést teoretický a grafický rozbor dat. V práci je popsán sběr dat z meteorologické stanice, struktura dat, jednotlivé meteorologické prvky, jejich měření a volba vhodného statistického programu. Praktická část obsahuje grafy s komentářem. Závěr shrnuje výsledky provedených analýz.

Klíčová slova

Meteorologie, tlak vzduchu, teplota vzduchu, rychlost větru, směr větru, statistická analýza

Annotation

The aim of this study is to recognize structure of data from the meteorological station, choose useful programme for its analysis and make a theoretical analysis and graphics. The work describes the collection of data from meteorological stations, data structure, meteorological elements, their measurement and selection of appropriate statistical program. Practical part includes charts with commentary. Conclusion summarizes the results of the analysis.

Keywords

Meteorology, pressure, temperature, wind speed, wind direction, statistical analysis

VOTAVOVÁ, B. Analýza meteorologických dat. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 45 s.
Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Rozman, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Analýza meteorologických dat jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 31. května 2010
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Rozmanovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 31. května 2010
podpis autora

Obsah

1. Úvod do problematiky	5
2. Charakterizace základních pojmů	6
2. 1 Meteorologie	6
2. 2 Klimatologie	6
2. 3 Bioklimatologie a biometeorologie	7
2. 4 Podnebí a počasí v ČR	7
3. Sledované meteorologické prvky	8
3. 1 Tlak vzduchu	8
3. 2 Teplota vzduchu	9
3. 3 Rychlost a směr větru	10
4. Měření sledovaných meteorologických prvků	10
4. 1 Měření tlaku vzduchu	10
4. 2 Měření teploty vzduchu	11
4. 3 Měření charakteristik přízemního větru	11
5. Meteorologická data	12
5. 1 Snímání meteorologických dat	12
5. 2 Struktura meteorologických dat	13
5. 3 Informační systém používaný na meteostanici FAST VUT	15
6. Možnosti programového zpracování meteorologických dat	15
6. 1 MATLAB	16
6. 2 MS Excel	17
6. 3 STATISTICA	18
7. Statistická analýza meteorologických dat	20
7. 1 Použitá data	20
7. 2 Použité statistické metody	20
7. 3 Číselný a grafický rozbor tlaku vzduchu	21
7. 4 Teplotní rozbor ledna a července 2000	26
7. 5 Analýza rychlostí větru z ledna července 2000	34
8. Závěr	43
Seznam obrázků	44
Seznam tabulek	45
Použitá literatura	45

1. Úvod do problematiky

Tato bakalářská práce je zaměřena na analýzu meteorologických dat ve vhodném programovém prostředí. Analýza meteorologických dat je důležitá nejen z hlediska znázornění změn, které již proběhly. Díky ní jsme schopni nalézat spojitosti a různé závislosti mezi jednotlivými meteorologickými prvky. Lze vysledovat periodické chování meteorologické veličiny, či závislost jedné veličiny na druhé. Porozumět změnám a chování snímaných meteorologických dat může pomoci dále například při zdokonalení a zpřesnění předpovědi počasí.

První část je věnována charakterizaci základních termínů jako je meteorologie a bioklimatologie, a také charakterizaci počasí v ČR.

Druhá část popisuje tři meteorologické veličiny - tlak vzduchu, teplotu vzduchu a přízemní charakteristiky větru. Zde je popsán periodický denní chod každé veličiny, který bude hledán a ověřován v praktické části práce.

Následuje část popisující způsoby měření a měřicí zařízení používané meteorology ke sledování zvolených tří veličin.

Další část popisuje meteorologická data, jejich snímání měřicími přístroji na FAST VUT, přenos dat do počítače a jejich konečný zápis do databáze a strukturu výsledných výstupů.

Volba vhodného programového prostředí pro zpracování dat je velice důležitá a je popsána a odůvodněna v další kapitole. Vybíráno bylo mezi třemi možnými programy a to MATLAB, Microsoft Excel a STATISTICA. Všechny tyto programy byly během studia na fakultě elektrotechniky používány.

Praktickou částí této práce je oddíl statistická analýza meteorologických dat. Obsahuje především číselnou a grafickou reprezentaci dat. Je zde snaha potvrdit již zmíněný periodický chod veličin a popsat celkové rozložení hodnot ať už číselně (průměr, medián, kvartily,...) nebo graficky (např. histogramem).

2. Charakterizace základních pojmů

2. 1 Meteorologie

Meteorologie se zabývá ději v zemské atmosféře. Jedná se o zkoumání a vysvětlování atmosférických jevů na základě fyziky. Základním úkolem meteorologie je předpovídání počasí. Meteorologie je v dnešní době také značně spjata s ochranou a tvorbou životního prostředí, dále pomáhá při řešení potřeby energie (sluneční nebo větrná energetika) a uplatnění najde i v oblasti zemědělské [1].

Dělení meteorologie

Meteorologie se dělí podle zaměření na:

1. Dynamickou meteorologii - studující statiku, dynamiku a termodynamiku atmosféry zejména za účelem početní (numerické) předpovědi počasí.
2. Synoptickou meteorologii - studující atmosférické procesy zpravidla velkého měřítka, které jsou synchronně pozorovány na zvoleném území především pomocí synoptických map. Hlavním cílem synoptické meteorologie je diagnóza a předpověď počasí.
3. Fyzikální meteorologii - studující fyziku oblaků a srážek, nauku o záření v atmosféře, atmosférickou optiku, akustiku a elektřinu.
4. Leteckou meteorologii a námořní meteorologii.
5. Agrometeorologii (zemědělská meteorologie) – zabývající se aplikací poznatků o atmosféře a o počasí na zemědělskou praxi.
6. Klimatologii - studující podnebí (klima), ale řadíme sem i bioklimatologii nebo ekoklimatologii. V dalším odstavci bude klimatologie rozvedena více.
7. Nauku o meteorologických přístrojích.
8. Hydrometeorologii - zabývající se oběhem vody v přírodě z meteorologických hledisek.
9. Nauku o chemizmu a radioaktivitě atmosféry [1], [20].

2. 2 Klimatologie

Klimatologie je věda, která se zabývá dlouhodobým chodem počasí a jeho zákonitostí. Pojem „klima“ zavedl řecký astronom Hipparchos a vyjádřil tak závislost klimatu na sklonu dopadajících paprsků. Mezi hlavní úkoly klimatologie patří studium utváření klimatu na Zemi a popis klimatické odlišnosti v jednotlivých regionech, klasifikace podnebí a vymezení klimatických oblastí, studium kolísání a změn klimatu, a v neposlední řadě snaha o prognózy klimatu.

Dělení klimatologie

Klimatologii lze dělit podle několika hledisek, například podle metodického přístupu ke studiu klimatu. Dle toho se klimatologie nazývá:

1. klasická – studuje klimatické prvky v jejich denním či ročním chodu podle kalendářních úseků,
2. dynamická – vychází při zpracování klimatologických charakteristik z různě dlouhých období, po která se na daném území vyskytovaly určité cirkulační nebo radiační podmínky, např. synoptická situace,

3. synoptická – zabývá se příčinnými vazbami mezi cirkulačními typy počasí a utvářením podnebí,
4. komplexní – studuje klima ne podle jednotlivých klimatických prvků, ale podle jejich souborů vytvořených na základě stanovených intervalů jejich hodnot. Základní jednotkou klimatologického zpracování jsou třídy a typy počasí jednotlivých dní. [16], [7].

2. 3 Bioklimatologie a biometeorologie

Člověk je se svým okolím ve vzájemné interakci, přizpůsobuje se mu, ale také si své okolí upravuje. Proto je důležité studovat podnebí ve vztahu k živým organismům.

Bioklimatologie člověka je obor na pomezí meteorologie a lékařství, dá se tedy obecně říci, že se zabývá vztahem člověka a klimatu. Dělí se na humánní biometeorologii a na vlastní humánní bioklimatologii.

Humánní biometeorologii dále dělíme na meteorofyziologii a meteoropatologii. Už podle názvu můžeme odvodit o co se v daných odvětvích jedná. Jsou pozorovány okamžité změny ovzduší a jejich dopad na lidské zdraví, činnost, výkonnost, odolnost a samozřejmě akomodační a adaptační schopnost. Snaží se vyhodnotit nejpříznivější meteorologické podmínky pro zdraví člověka a hledají možnost, jak jich prakticky využít. Na druhé straně studuje také způsoby, jak se chránit před nepříznivými podmínkami.

Vlastní humánní bioklimatologie zkoumá vliv počasí z dlouhodobého hlediska. Soustřeďuje se spíše na aklimatizaci člověka a na to, jak na jeho zdraví působí změny klimatu. Je jasné, že tyto vědní disciplíny jsou pro člověka důležité a přínosné, protože ho informují o jeho okolí, o vhodnosti prostředí pro život, o tom, jak se oblékat a stravovat, ale i jak pracovat a relaxovat [10].

2. 4 Podnebí a počasí v ČR

Česká republika leží v mírném podnebném pásu. Podnebí je charakteristické velkou proměnlivostí a to nejen širokou škálou hodnot meteorologických prvků, ale také nepravidelným výskytem jejich extrémů. Podnebí je u nás tvořeno a ovlivňováno hlavně Atlantským oceánem a částečně i euroasijským kontinentem. Vlivem oceánu zde převažuje mírnější klima hlavně v zimním období. Naopak kontinentální vliv se projevuje na vyšších teplotách vzduchu v létě. Cirkulace vzduchu zde samozřejmě není zanedbatelná. Největší část roku převládá vzduch mírného pásma, objevuje se také tropická vzduchová hmota a v nejmenším zastoupení také vzduchová hmota arktická. Podnebí závisí také na cyklonální činnosti.

Průměrná roční teplota vzduchu je v rozpětí od -1 °C na horách a až 10 °C na jižní Moravě. Nejvyšší naměřená teplota na našem území byla 40,2 °C (Praha-Uhřetěves v r. 1983) a nejnižší -42,2 °C (Litvínovice u Českých Budějovic v r. 1929). Nejchladnějším měsícem je leden a nejteplejším červenec.

Srážková činnost na našem území je časově i místně značně proměnlivá a závisí na nadmořské výšce a expozici vzhledem k převládajícímu proudění. Maximální úhrn srážek připadá na červenec a minimální na únor nebo leden. Nejnižší průměrný roční úhrn srážek je v Žatci asi 410 mm a maxima 1 532 mm dosahuje na Lysé hoře [12].

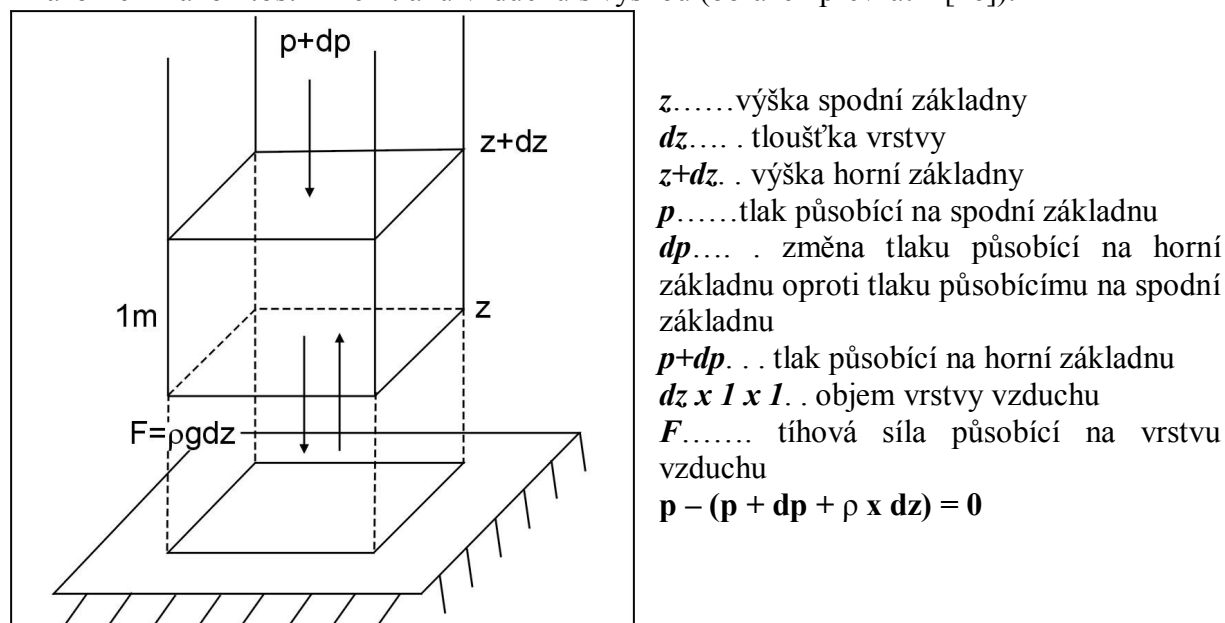
3. Sledované meteorologické prvky

Meteorologické prvky jsou fyzikální veličiny, které slouží k popisu fyzikálního stavu atmosféry v určitém časovém okamžiku. Fyzikální stav atmosféry se neustále mění a to díky vzájemnému působení atmosféry a zemského povrchu a vlivem probíhajících vnitřních dějů. Soubor meteorologických prvků charakterizuje počasí. Základní meteorologické prvky jsou sluneční záření, sluneční svit, teplota půdy, teplota vzduchu, tlak vzduchu, výpar, oblačnost, atmosférické srážky, směr a rychlost větru. Tato práce se dále věnuje tlaku vzduchu, teplotě vzduchu a rychlosti a směru větru.

3. 1 Tlak vzduchu

Celková hmotnost zemské atmosféry ($5,157 \cdot 10^6$ kg) působí na povrch země určitým tlakem. Atmosférický (barometrický) tlak vzduchu v libovolném místě je definován jako síla působící v daném místě atmosféry kolmo na libovolně orientovanou jednotkovou plochu, vyvolanou tíhou sloupce ovzduší, sahajícího od hladiny, ve které se tlak zjišťuje, až k horní hranici atmosféry. S nadmořskou výškou se tedy hustota atmosféry rychle snižuje a s ní i atmosférický tlak. Tlak vzduchu je závislý nejen na nadmořské výšce ale také na velikosti tíhového zrychlení, mocnosti, teplotě a hustotě atmosféry v daném místě [16], [7].

Znázornění zákonitostí změn tlaku vzduchu s výškou (obrázek převzat z [16]).



Obrázek 1: Ilustrace ke vzorci

Tlak vzduchu neklesá s výškou lineárně. Stoupáme-li do výšky aritmetickou řadou, klesá tlak vzduchu řadou geometrickou. Po každých 5,5 km stoupání se snižuje tlak na polovinu. Pokles tlaku vzduchu o jeden hektopascal v závislosti na vystoupaných metrech vyjadřuje vertikální barický stupeň. Pro představu, ve výšce do 1800m n. m. je pokles o jeden hPa po 10m stoupání, ve výšce 7300m n. m. je pokles o jeden hPa již po 20m stoupání.

Pro výpočet tlaku vzduchu v různých nadmořských výškách existuje poměrně složitý vzorec. Byly proto vypracovány zjednodušené vzorce, jejichž nedílnou součástí je konstanta, která má pro každou teplotu vzduchu jinou hodnotu. V teplém vzduchu totiž klesá tlak s výškou pomaleji než ve vzduchu studeném.

Nejznámější je Babinetův vzorec:

$$\Delta v = \text{konstanta} \cdot (b_1 - b_2) \cdot (b_1 + b_2)^{-1}$$

Δv = výškový rozdíl mezi dvěma místy

b_1 = tlak vzduchu v dolní hladině

b_2 = tlak vzduchu v horní hladině

Konstanta např. : 0°C: $k=15\,980$, -20°C: $k=14\,810$, +40°C: $k=18\,330$

Jako jednotka atmosférického tlaku se používá hektopascal [hPa], dříve se používaly také torr nebo milibar.

Tabulka 1: Převodní vztahy jednotek tlaku

do/z	Pascal	Torr	Bar
Pascal	Pa	$\approx 7,500616 \cdot 10^{-3}$ Torr	$\equiv 10^{-5}$ bar
Torr	$\approx 133,322$ Pa	Torr	$\approx 1,33322 \cdot 10^{-3}$ bar
Bar	$\equiv 10^5$ Pa	$\approx 750,0616$ Torr	bar

K porovnávání byla stanovena normální hodnota tlaku vzduchu na hladině moře při teplotě 0°C na 45° severní šířky, která je 1013,27 hPa.

Pro další statistický rozbor změn tlaku vzduchu je dobré znát obecné zákonitosti, které jsou charakteristické pro časové změny tlaku vzduchu. Denní chod tlaku vzduchu bývá často periodický, typický je dvojitý chod s maximy před polednem a před půlnocí (cca v 10h a ve 22h) a s minimy brzy ráno a po poledni (cca ve 4h a v 16h). V oblasti ČR se tyto výkyvy pohybují v rozmezí 0, 5 až 1hPa. Příčinou těchto jevů jsou denní chody teploty aktivního povrchu, denní kmity atmosféry (jako důsledek denního chodu teploty) a slapové jevy atmosféry. Denní chod je více patrný v letním období. Tlakové změny ale také probíhají nepravidelně a to v závislosti na tvorbě cyklon, anticyklon a také tvorbě front [16], [7], [6].

3. 2 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu je asi nejvíce proměnlivou meteorologickou veličinou. Závisí na charakteru počasí (oblačnost, rychlost větru), na reliéfu krajiny (nadmořská výška, konvexní a konkávní útvary). Při nadmořské výšce nad 5000m již tepelná výměna mezi zemským povrchem a atmosférou nefunguje, ke změnám teplot v této výšce dochází v důsledku horizontální výměny vzduchových hmot. Co se týče konvexnosti a konkávnosti útvarů, tak v případě konvexních útvarů dochází k méně výraznému ohřevu, naopak u konkávních útvarů dochází k proudění vzduchu do prohlubně a tím k ohřevu vzduchu od terénu. Dále teplotu ovlivňuje zeměpisná šířka, roční období a kontinentalita.

V současné praxi se používají tři stupnice pro měření teplot – Kelvinova (tzv. absolutní stupnice), Celsiova a Fahrenheitova. Nejpoužívanější v praxi je stupnice Celsiova. Ta vychází ze dvou bodů, jejichž vzdálenost je rozdělena do sta dílků. Za 0°C se považuje teplota smáčeného ledu ve vodě za normálního tlaku vzduchu a za 100°C se považuje teplota varu vody za normálního tlaku vzduchu (1013,25hPa). Kelvinova stupnice pak vychází z teploty absolutní nuly - tj. teploty, při které by teoreticky ustal tepelný pohyb molekul. Fahrenheitova stupnice se používá v USA, Kanadě a ve Velké Británii. Jednoduché převodní vztahy mezi všemi stupnicemi vypadají takto:

Tabulka 2: Tabulka převodních vztahů

do/z	Kelvinova	Celsiova	Fahrenheitova
Kelvinova	K	$=^{\circ}\text{C} + 273,15$	$= (^{\circ}\text{F} + 459,67) \cdot 5/9$
Celsiova	$=\text{K} - 273,15$	$^{\circ}\text{C}$	$= (^{\circ}\text{F} - 32) \cdot 5/9$
Fahrenheitova	$=\text{K} \cdot 1,8 - 459,67$	$=^{\circ}\text{C} \cdot 1,8 + 32$	$^{\circ}\text{F}$

Denní chod teploty vzduchu koresponduje s teplotou povrchu půdy a je závislý na chodu slunečního záření. Maximálních teplot je dosaženo kolem 14h v lednu a kolem 15h v červenci (tedy se zpožděním 2 až 3 hodiny po kulminaci slunce). Minimálních hodnot teplota dosahuje při východu slunce. Tento typický průběh teplot může být ovlivněn srážkami nebo přechodem vzduchových hmot, ale také závisí na vlastnostech půdy a výměně tepla mezi půdou a vzduchem. Periodický denní chod teploty vzduchu se projevuje výrazně jen během ustáleného málo oblačného anticyklonálního počasí. Při jiných typech počasí je denní chod teplot neperiodickými změnami potlačován do pozadí. Ještě si můžeme všimnout, že vzestup teploty probíhá rychleji naproti tomu pokles teploty je pozvolnější a delší [16], [7], [6].

3. 3 Rychlost a směr větru

Vítr je zjednodušeně řečeno horizontální přemísťování vzduchu. Lze jej vyjádřit vektorem a je charakterizován rychlostí, směrem a nárazovitostí. Horizontální složka vzniká díky působení tlakového gradientu (proudění z oblasti vyššího tlaku do oblasti nižšího tlaku vzduchu) a Coriolisovy síly. Vertikální složka je důsledek pohybu vzduchu v cirkulačních a frontálních systémech, konvekce, obtékání atd., ale neoznačuje se jako vítr.

Vítr se uplatňuje hlavně při přenosu vody a energie, zvyšuje intenzitu výparu, odnímá teplo, působí dynamickým tlakem, ovlivňuje tvorbu sněhových závějů, tvorby námrazy apod.

Rychlost větru se udává v $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ nebo v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nejvyšší naměřená rychlost byla $416 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (USA). Rychlost větru během dne kolísá. Vítr, který mění krátkodobě rychlost o víc než $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ se označuje jako nárazový.

Směr větru se určuje podle světové strany, z které vítr vane. Udává se ve stupních azimutu od 0° do 360° . Azimut větru je úhel, o který je směr větru odkloněn od směru severního. Jeli změna směru vyšší než 45° , jde o proměnlivý vítr.

Podle účinků rychlosti a směru větru na objekty, byla stanovena Beaufortova stupnice se třinácti stupni, které charakterizují účinky přízemního větru na pevnině. (0=bezvětrí:méně než $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, 1=lehký vánok: $1-5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, 2=lehký vítr: $6-11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, ..., 10=větrná bouře: $88-101 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, 11=prudká bouře: $102-117 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, 12=hurikán: 118 a více $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$).

Denní chod rychlosti a směru větru nese opět jistou periodickou složku. V malých výškách (přízemní typ) vítr dosahuje maximální rychlosti kolem 14. h (stáčení větru doprava), minimální rychlosti dosahuje v noci nebo ráno (stáčení větru doleva). Ve výškách 500 m. n. m. (výškový typ) a výše se chování větru mění. Maxima dosahuje v noci (stáčení větru doleva), minima v průběhu dne (stáčení větru doprava). Nesmíme ovšem opomenout fakt, že tato pravidla platí pouze pro severní polokouli [16], [6], [3].

4. Měření sledovaných meteorologických prvků

4. 1 Měření tlaku vzduchu

Tlak měříme tlakoměry (barometry) nebo pomocí samopisných barografů. Vyrábí se několik typů měřičů: rtuťové, kovové, nebo hypsometry.

Rtuťový staniční tlakoměr určuje tlak vzduchu z výšky rtuťového sloupce v mm (na desetiny), což se přepočítává na hPa. Je pak nutné provést opravu na teplotu vzduchu, výšku a tíhové zrychlení.

Kovové tlakoměry (aneroidy) obsahují téměř vzduchoprázdnou Vidiho kovovou krabičku, která se prohýbá podle tlaku vzduchu. Hodnota tlaku se většinou odečítá ze stupnice umístěné na krabičce. Měření aneroidem je méně přesné a přístroj se umísťuje hlavně tam, kde nedochází k výraznějším teplotním změnám.

Barograf slouží pro záznam časového průběhu změn tlaku vzduchu. Principiálně funguje obdobně jako výše popsany aneroid. Ovšem pro větší citlivost je přístroj složen z více kovových krabiček. Deformace krabiček jsou přenášeny soustavou pák a zvětšeny asi 50krát, poté jsou zapisovány na papír.

Posledním typem je hypsometr, který využívá toho, že pára z volně vroucí destilované vody má teplotu, která jednoznačně přísluší jisté hodnotě okolního tlaku vzduchu [16], [7].

4. 2 Měření teploty vzduchu

Teplota vzduchu se měří obvykle v žaluziové meteorologické budce 2 metry nad aktivním povrchem, s přesností 0, 1°C. Žaluziová budka je dřevěná skříň, natřená lesklým bílým nátěrem. Vzduch přes žaluzie může pronikat dobře, ovšem sluneční záření se přes ně nedostane. Žaluzie jsou dvojitě, čímž se zajišťuje, aby se při silném větru dovnitř nedostaly srážky. Budka se staví na volném prostranství. Jednak je to kvůli budovám a předmětům, které by mohly měření zkreslit a také kvůli tomu, aby docházelo k přirozenému proudění vzduchu. Sleduje a zaznamenává se teplota suchá, vlhká, maximální, minimální, a minimální přízemní.

Používají se skleněné kapalinové teploměry, deformační-bimetalové teploměry a elektrické teploměry.

Skleněné kapalinové teploměry jsou založeny na teplotní roztažnosti kapaliny (líh, rtuť nebo toluen) v nádobě. Skleněné kapalinové teploměry jsou staniční (typické dělením stupnice po 0,2°C), extrémní (min, max) a aspirační.

Deformační - bimetalové teploměry jsou tvořeny čidlem z bimetalové destičky nebo prstence. Využití nachází hlavně u samozapisujících přístrojů (termografů).

Elektrické teploměry se používají čím dál častěji, protože jsou přesnější a mají nižší setrvačnost. Existují dva typy teploměrů a to odporové, založené na principu změny odporu kovů v závislosti na teplotě a termoelektrické, které využívají spojení dvou různých kovů do uzavřeného obvodu, kde je procházející proud úměrný rozdílu teplot obou míst [16], [7].

4. 3 Měření charakteristik přízemního větru

Jako přízemní vítr je označováno proudění ve výšce asi 10-12m nad zemí. Zjišťuje se směr a rychlost (síla) větru. V přízemní vrstvě je směr i rychlost větru ovlivněna tvárností povrchu. Vliv mají terénní útvary, lesní enklávy, větrolamná stromořadí apod.

Směr se měří větrnými směrovkami (tzv. směrovou korouhví), které jsou na stožáru nejméně 7 metrů vysokém, a udává se v desítkách stupňů azimutu.

Směrový anemograf umožňuje sledovat směr větru v závislosti na čase. Otáčení směrové korouhve je přenášeno systémem až k registrační části přístroje, kde jsou výkyvy zaznamenány.

Měření síly a rychlosti větru se uskutečňuje měřením s větrnou korouhví s otáčivou deskou. Deska je připevněná ke korouhvi a tlakem větru se vychyluje od svislé polohy a tím ukazuje sílu větru (ve stupních Beaufortovy stupnice). Vítr vane z pravidla v nárazech, proto

určujeme na základě asi dvouminutového pozorování průměrnou polohu otáčivé desky a dle toho i průměrnou sílu větru.

Univerzální anemometr pro směr a rychlost větru se skládá z větrné korouhve s rychlostní trubicí a čidlem je Robinsonův miskový kříž. Robinsonův kříž je tvořený třemi až čtyřmi polokoulemi, do nichž se opírá vítr. Jeho vlivem dojde k otáčení kříže a rychlost otáčení kříže se převádí na měřidlo, cejchované v rychlostních jednotkách (km.h^{-1} , m.s^{-1}). Přístroj zaznamenává okamžitou rychlost větru nebo jeho nárazy, průměrnou rychlost či dráhu větru a okamžitý směr větru [7].

5. Meteorologická data

Meteorologická data jsou snímána na meteorologické stanici FAST VUT v Brně. Tato stanice byla založena v roce 1910, takže funguje tedy už sto let. Za tu dobu přešla stanice pod správu Vojenské akademie v Brně, kdy měření probíhala s pomocí špičkového vybavení, a opět se vrátila v letech 1994 pod civilní správu Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně. Dnes stanice spadá pod Ústav vodního hospodářství krajiny FAST. Měřicí centrum je umístěno v posledním patře budovy C v areálu stavební fakulty. Poslední rozsáhlá modernizace meteorologické stanice proběhla v letech 2000 a 2001 [8].

5. 1 Snímání meteorologických dat

Meteorologická stanice vlastní čtyři na sobě nezávislé měřicí systémy. Gas monitor (přístroj Bruel & Kjaer Multi-gas monitor Typ 1302) registruje měřené veličiny jednou za hodinu, ostatní systémy mají interval měření 15 minut [8].

Gas monitor snímá koncentraci oxidu uhličitého [mg.m^{-3}], koncentraci oxidu dusného [mg.m^{-3}] a koncentraci vodní páry [mg.m^{-3}]. Princip měření je založený na fotoakustické metodě detekce infračerveného vlnění [9].

Meteos 4 sleduje teplotu ve 2 m [$^{\circ}\text{C}$], minimální a maximální teplotu [$^{\circ}\text{C}$], relativní vlhkost [%], globální sluneční radiaci a integrovanou globální sluneční radiaci [W.m^{-2}]. Tento měřicí přístroj je tvořen automatickou stanicí, snímači meteorologických prvků, komunikačními prostředky a samozřejmě potřebným programovým vybavením pro PC. Jednotlivé meteorologické prvky jsou nepřetržitě podle zvoleného režimu (interval 1 hodina) snímány senzory, umístěnými na desetimetrovém meteorologickém stožáru nebo poblíž něho (např. snímač pro přízemní minimální teplotu). Data jsou ukládána do vnitřní paměti stanice a podle požadavku zaslána na připojené PC. Zde jsou případně doplněna o další meteorologická pozorování. Program tím umožňuje kontrolu dat [18].

Noel-vítr zaznamenává průměrnou rychlost větru [m/s], maximální a minimální rychlost větru [m/s] a směrový azimut [$^{\circ}$] [8].

Posledním měřicím systémem je NOEL 2000. Jednakanálový přístroj, který monitoruje meteorologické hodnoty jako je suchá teplota [$^{\circ}\text{C}$], vlhká teplota [$^{\circ}\text{C}$], atmosférické srážky [mm], ovlhčení a barometrický tlak [hPa] [8].

5. 2 Struktura meteorologických dat

Meteorologická data jsem získala v textových souborech. Data jsou měřena v letech 1998 až 2001. Jednotlivé textové soubory obsahují data naměřená za celý měsíc. Každý ze čtyř měřicích systému využívaných na meteostanici FAST VUT má svou specifickou strukturu zápisu dat.

Multi-gas monitor Typ 130

Na ukázce naměřených dat je patrné, že první sloupec představuje datum (ve formátu DMR), druhý sloupec je čas [SEČ], kdy došlo k měření. Měření se opakuje každou hodinu. Poslední tři sloupce jsou naměřené hodnoty koncentrací plynů. Zleva je to N_2O , CO_2 a nakonec vodní páry, vše je měřeno v mg/m^3 .

Tabulka 3: Ukázka dat z přístroje multi-gas monitor

1. 2. 2000	00:44:25	769E+00	811E-03	9. 18E+03
1. 2. 2000	01:44:24	758E+00	786E-03	8. 97E+03
1. 2. 2000	02:44:22	765E+00	825E-03	8. 89E+03
1. 2. 2000	03:44:20	786E+00	859E-03	8. 69E+03
1. 2. 2000	04:44:19	773E+00	856E-03	8. 66E+03
1. 2. 2000	05:44:17	747E+00	853E-03	9. 29E+03
1. 2. 2000	06:44:16	751E+00	833E-03	9. 05E+03
1. 2. 2000	07:44:14	775E+00	848E-03	8. 86E+03
1. 2. 2000	08:44:13	828E+00	940E-03	8. 35E+03
1. 2. 2000	09:44:12	768E+00	805E-03	9. 69E+03

Meteos 4

Výstupní soubor meteorologických měření provedených přístrojem Meteos 4 má strukturu, kde první sloupec znamená datum (ve formátu DMR), druhý sloupec zapisuje čas měření [SEČ], která probíhají každých 15 minut. Další hodnoty popisují teplotu ve 2m nad zemí [$^{\circ}\text{C}$], minimální a maximální teplotu během 15-ti minutového intervalu mezi měřeními [$^{\circ}\text{C}$], relativní vlhkost [%], globální sluneční radiaci a integrovanou globální sluneční radiaci [W/m^2].

Tabulka 4: Ukázka naměřených dat z přístroje Meteos 4

2. 2. 2000	09:00	0. 5	0. 1	0. 5	95	229	129
2. 2. 2000	09:15	1. 6	0. 5	1. 6	91	237	215
2. 2. 2000	09:30	2. 5	1. 7	2. 5	88	238	204
2. 2. 2000	09:45	3. 6	2. 5	3. 6	84	263	231
2. 2. 2000	10:00	4. 7	3. 6	4. 7	81	259	233
2. 2. 2000	10:15	5. 1	4. 7	5. 1	79	281	236
2. 2. 2000	10:30	6. 1	5. 1	6. 1	77	295	265
2. 2. 2000	10:45	6. 7	6. 1	6. 7	74	284	277
2. 2. 2000	11:00	7. 8	6. 7	7. 8	71	343	299
2. 2. 2000	11:15	7. 9	7. 5	7. 9	69	338	305

Noel-vítr

Výstupní soubor systému Noel-vítr v jednotlivých sloupcích zleva zaznamenává datum (formát DMR), čas měření (každých 15 minut), průměrnou rychlost větru během 15-ti minutového intervalu, minimální a v dalším sloupci maximální rychlost během 15-ti minutového intervalu měření. Rychlosti větru jsou měřeny v m/s. Poslední čtyři sloupce zaznamenávají směr větru na konci 15-ti minutového intervalu ve °.

Tabulka 5: Ukázka naměřených dat systémem Noel-vítr

1. 1.	00:00:00	1. 24	0. 03	3. 00	301. 8	301. 8	301. 8	301. 8
1. 1.	00:15:00	0. 92	0. 03	2. 22	312. 3	312. 3	312. 3	312. 3
1. 1.	00:30:00	1. 25	0. 03	3. 11	281. 9	281. 9	281. 9	281. 9
1. 1.	00:45:00	0. 03	0. 03	0. 03	281. 9	281. 9	281. 9	281. 9
1. 1.	01:00:00	0. 03	0. 03	0. 03	281. 9	281. 9	281. 9	281. 9
1. 1.	01:15:00	0. 66	0. 03	1. 76	221. 5	221. 5	221. 5	221. 5
1. 1.	01:30:00	1. 01	0. 03	1. 72	211. 6	211. 6	211. 6	211. 6
1. 1.	01:45:00	0. 45	0. 03	1. 03	241. 7	241. 7	241. 7	241. 7
1. 1.	02:00:00	1. 18	0. 37	1. 98	251. 3	251. 3	251. 3	251. 3
1. 1.	02:15:00	0. 62	0. 03	1. 78	251. 8	251. 8	251. 8	251. 8

Noel 2000

Noel 2000 zaznamenává opět datum a čas a měří čtyři hodnoty veličin získaných psychrometrem a to zleva podle sloupců: suchý teploměr [°C], vlhký teploměr [°C], teplotu vzduchu uvnitř buňky [°C], teplotu vzduchu vně buňky [°C]. Dále měří úhrn srážek na prvním ombrografu [mm], úhrn srážek na druhém ombrografu [mm], ovlhčení (pro mokrá=0, pro suchý=1) a v posledním sloupci je uveden barometrický absolutní tlak bez přepočtu na mořskou hladinu [hPa].

Tabulka 6: Ukázka dat z měřicího systému Noel 2000

9. 1.	10:00:00	10. 5	10. 3	10. 3	11. 1	1000000	1000000	1	991. 7
9. 1.	11:00:00	11. 9	11. 9	12. 0	12. 9	1000000	1000000	1	991. 3
9. 1.	12:00:00	12. 0	12. 2	12. 0	12. 5	1000000	1000000	1	991. 1
9. 1.	13:00:00	11. 9	11. 8	11. 8	12. 3	1000000	1000000	1	991. 1
9. 1.	14:00:00	11. 5	11. 5	11. 4	11. 9	1000000	1000000	1	991. 6
9. 1.	15:00:00	11. 3	11. 3	11. 1	11. 5	1000000	1000000	1	992. 5
9. 1.	16:00:00	11. 1	11. 1	11. 0	11. 3	1000000	1000000	1	993. 1
9. 1.	17:00:00	11. 0	11. 0	10. 8	11. 1	1000000	1000000	1	994. 2
9. 1.	18:00:00	10. 8	10. 8	10. 6	11. 1	1000000	1000000	1	994. 7
9. 1.	19:00:00	10. 5	10. 5	10. 3	10. 7	1000000	1000000	1	995. 6

5. 3 Informační systém používaný na meteostanici FAST VUT

Funkce informačního systému lze rozdělit do několika směrů:

1. Import registrovaných hodnot z jednotlivých přístrojů do SQL serveru
2. Kontrola integrity databází
3. Zpracování dat na základě relační algebry
4. Záloha dat systému

Server meteorologického informačního systému je založen na operačním systému RedHat Linux, SQL databázi MySQL a WWW serveru Apache. Zprostředkování výstupů z informačního systému zajišťují skripty postavené na technologii PHP3 [8].

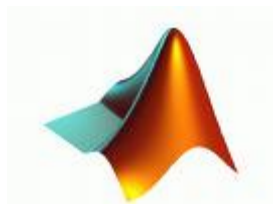
6. Možnosti programového zpracování meteorologických dat

Podpora statistického zpracování dat je v dnešní době součástí mnoha obecných programových systémů, orientovaných na práci s databázemi a na grafické zpracování dat. Setkat se můžeme s řadou matematických programových prostředků (MATLAB) a také existuje několik desítek specializovaných statistických programových paketů (STATISTICA). Všechny jmenované programové prostředky pracují s dvojrozměrnou tabulkou, ve které sloupce jsou veličiny a řádky pozorované objekty. Pro práci s tabulkami jsou vhodné také tabulkové procesory (MS Excel), které jsou vybaveny celou řadou statistických funkcí a grafických prostředků. Všechny tyto programové prostředky mají však jedno společné, a to usnadnit práci s daty a umožnit jejich přehledné vyhodnocení [15].

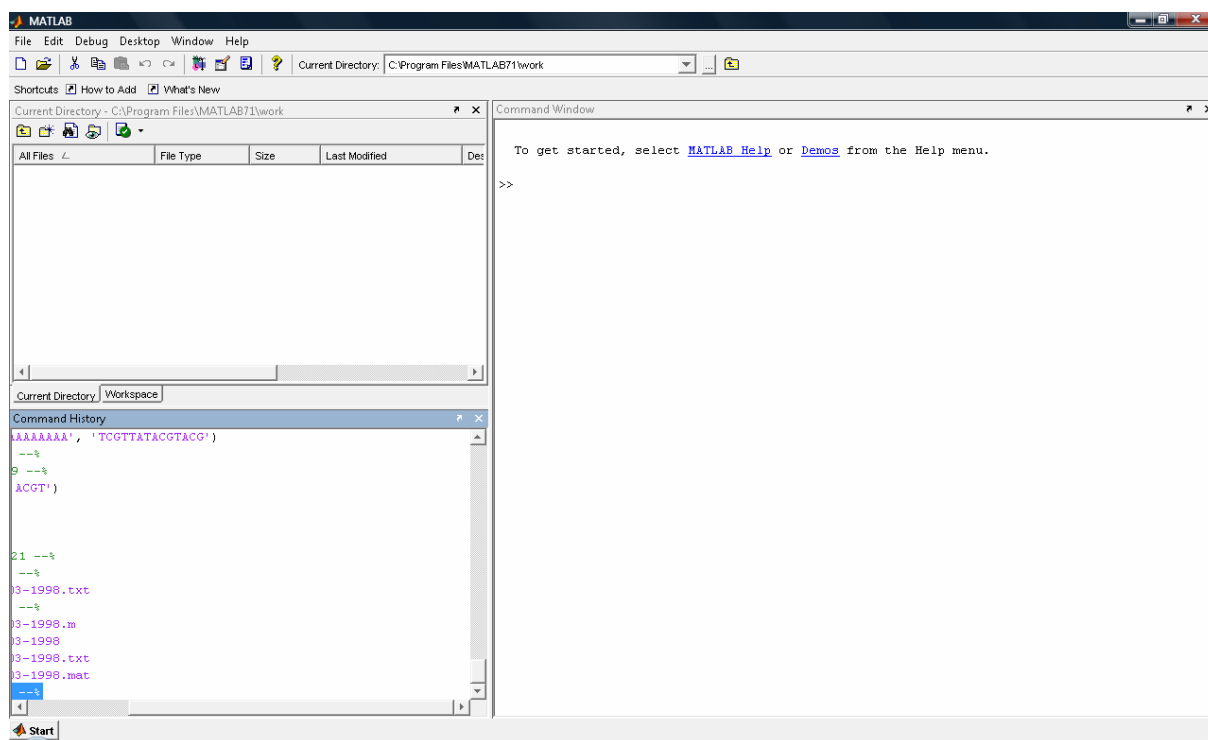
V této části bude pojednáno o statistických možnostech a schopnostech programů, s kterými jsme se během studia seznámili. Výstupem této části práce bude vyhodnocení nejvhodnějšího programu přímo pro zadaná meteorologická data.

Data jsou výstupem z SQL databáze, jsou uložena v textových souborech a rozdělena podle jednotlivých měsíců. Struktura dat je popsána výše. Je podstatné se ještě zmínit o množství dat. Měsíční data obsahují kolem tří tisíc řádků. Vhodný program by je měl být schopný přehledně, rychle a snadno zpracovat jak číselně, tak graficky.

6. 1 MATLAB



MATLAB je uživatelsky přívětivý programovací jazyk. Pro práci v něm je potřeba znát alespoň základy programování a ovládat jednotlivé příkazy. Program není volně dostupný a je zpoplatněný. Na naší fakultě je samozřejmě k dispozici. Byl vyvinut firmou The MatgWorks. Co se týče operačního systému, patří MATLAB mezi multiplatformní. Program je doplněný o řadu toolboxů, ať už v základní výbavě nebo je lze dokoupit. Pro tvorbu statistik je zajímavý Statistics Toolbox.



Obrázek 2: Úvodní prostředí MATLABu

Pro to, abychom mohli s daty v MATLABu manipulovat, je potřeba je do programu importovat. Vzhledem k tomu, že data jsou v souboru s koncovkou .txt, je nejrozumnější importovat data načtením dat z daného textového souboru, ve kterém jsou jednotlivé řádky dat zakončeny znakem konce řádku a mezi jednotlivými sloupci jsou mezery. Takovéto soubory mohou být přímo do MATLABu načteny příkazem `load`. Výsledek je uložen do proměnné, jejíž název se shoduje s názvem souboru [4].

Další manipulace s daty už záleží na schopnostech a dovednostech programátora. Grafy lze vykreslit různě, protože jsou samozřejmě možné úpravy vzhledu (spojnice bodů, barva, popisky os atp.). Toto ale umí i zbylé dva popisované programové prostředky a to i bez znalosti programovacího jazyka a nezbytné znalosti angličtiny (náповěda k programu je v angličtině).

6. 2 MS Excel



Mezi tabulkovými procesory dominuje MS Excel. Je dostupný prakticky na každém počítači jako součást Microsoft Office. Obsahuje množství statistických funkcí a umožňuje data graficky reprezentovat.

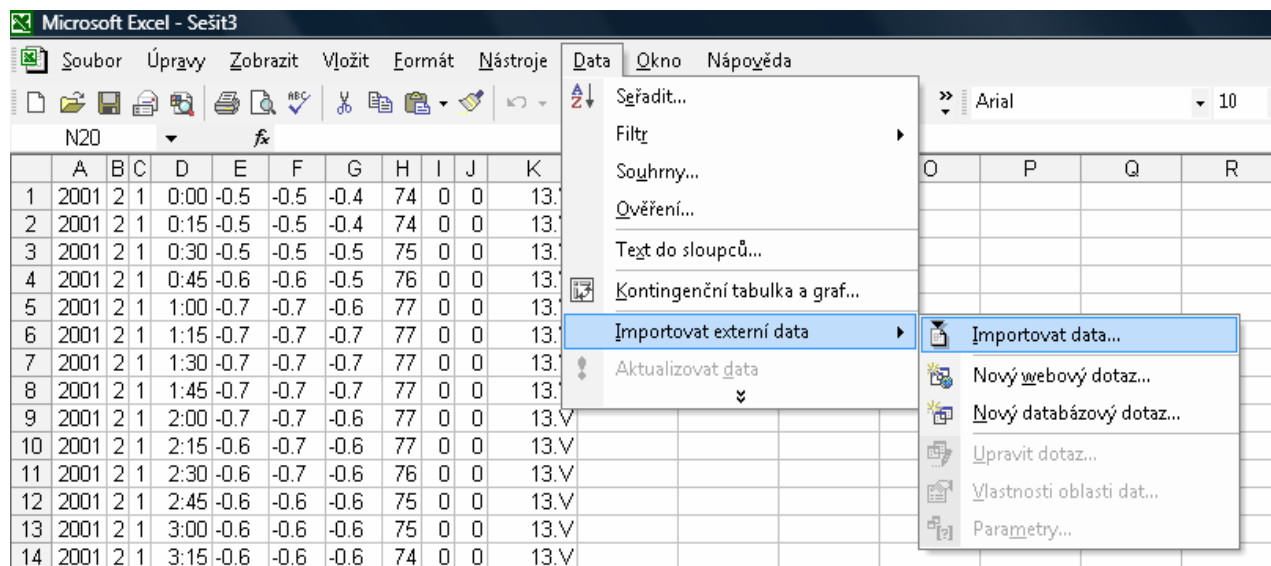
Excel zahrnuje také doplněk tzv. Analýza dat. S tímto jsme schopni zvládnout veškeré metody používané ve statistické analýze dat. Výhodou je, že Excel obsahuje podrobnou nápovědu ke všem funkcím, a to v češtině [15].

Pracovní okno procesoru se skládá z jednotlivých buněk, do kterých data vkládáme, a v kterých s nimi pracujeme. Manipulace s daty v procesoru je mnohem jednodušší než v programovacím jazyce. Data přesunujeme, kopírujeme, vybíráme atp. obyčejným „klikáním“ bez nutnosti znát jakýkoliv příkaz, bez kterého bychom se v MATLABu neobešli.

Data nelze do programu jednoduše vložit, ale opět je musíme importovat. Excel je na tuto možnost připraven a obsahuje přímo volbu importovat data z textového souboru. Umožňuje nám také nastavit možnosti formátování a rozložení importovaných dat a nabídne jejich otevření buď na stávajícím listu, nebo na listu novém. Problém může nastat při vkládání velkého množství dat. Chybovou hlášku systém oznámil, při pokusu zpracovat více než 255 hodnot. To je opravdu nedostatečné pro analýzy, v kterých je nutno pracovat běžně s téměř třemi tisíci hodnot. Toto by lépe zvládl MATLAB nebo STATISTICA.

Statistické funkce v Excelu lze rozdělit do několika kategorií:

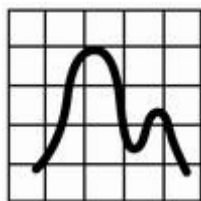
- funkce počítající popisnou statistiku (např. průměr, směrodatnou odchylku, rozptyl, špičatost)
- funkce pro jednotlivé statistické testy (t-testy, chí-kvadrát test)
- funkce počítající kvantily různých statistických rozdělení (např. normálního, t-rozdělení, F-rozdělení, chí-kvadrát atp.)
- funkce pro regresi a korelační analýzu [14].



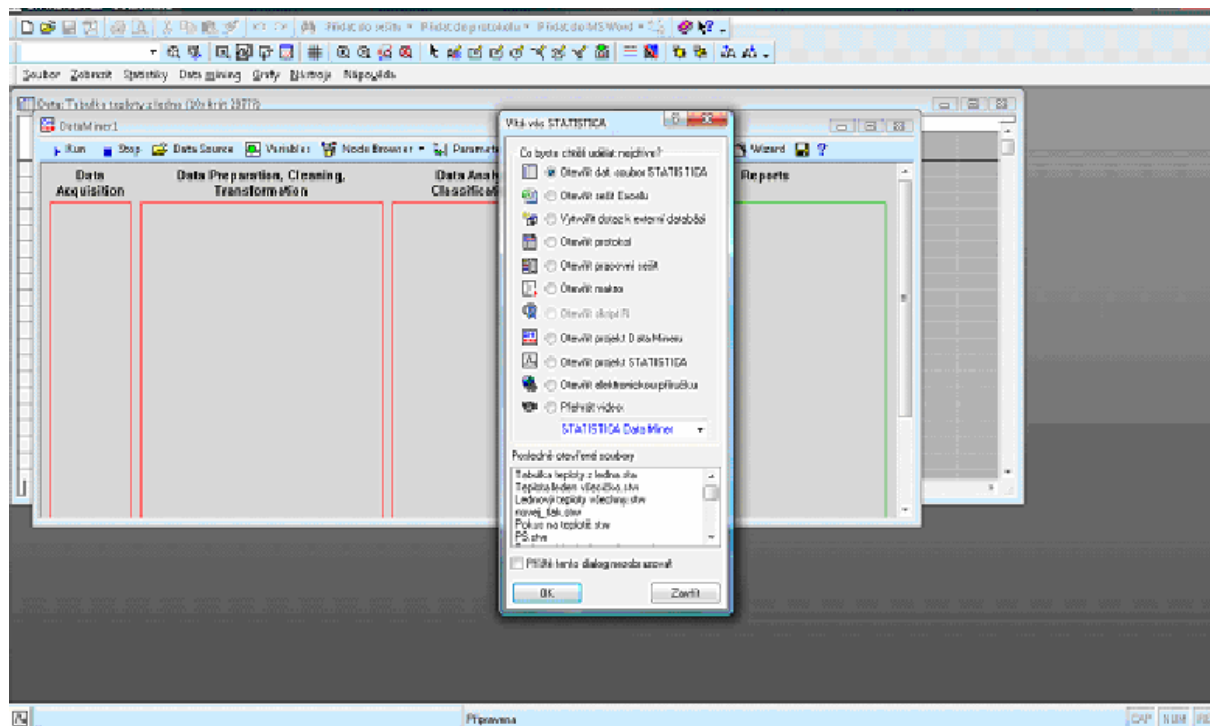
Obrázek 3: Ukázka snadného importování dat do textového procesoru

Excel je hlavně tabulkový procesor. Umožňuje jednoduchou a názornou práci s daty. Je vhodný pro tvorbu základních grafů a provádění základních statistických výpočtů. Skutečností je, že Excel není primárně zaměřen na statistiku, ta je pouze jeho jednou a spíše okrajovou součástí. Je ideální pro práci s databázemi, tvorbu tabulek, vytváření knihoven dat atp. Práce v něm je rychlá a přehledná. To shledávám jako jeho největší plus [14].

6. 3 STATISTICA



STATISTICA patří do řady statistických paketů. Uživatelské prostředí tohoto programu se podobá prostředí MS Excelu. Práce s daty je obdobná jako u Excelu (kopírování, přemisťování atp.), proto začínající uživatel snadno pochopí základní funkce programu. STATISTICA je s Excelem (např. i s Accesem) schopna jednoduše komunikovat, umožňuje snadný import i export dat, popřípadě přímo otevření pracovního excelovského sešitu. Import dat z textového souboru je obdobný jako u Excelu.



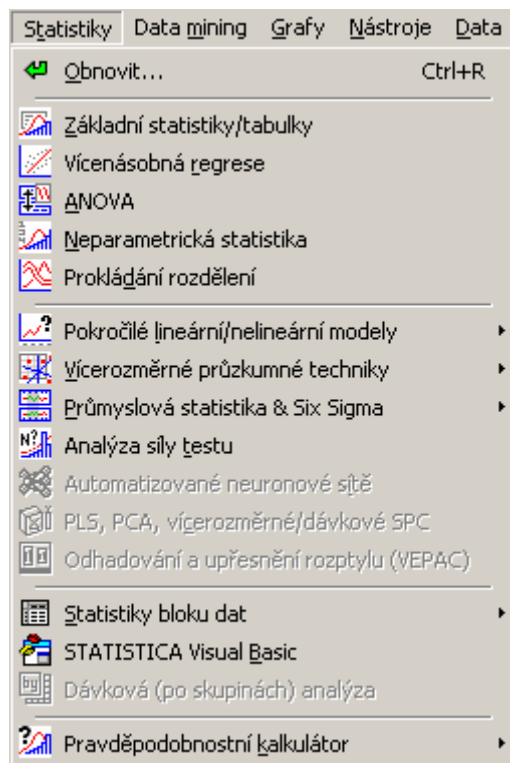
Obrázek 4: Úvodní prostředí programu STATISTICA

STATISTICA je produktem firmy StatSof. Tato firma je na trhu už řadu let a má v oblasti statistiky velké zkušenosti, snad i proto je STATISTICA dominantní výrobkem na trhu s množstvím statistických paketů.

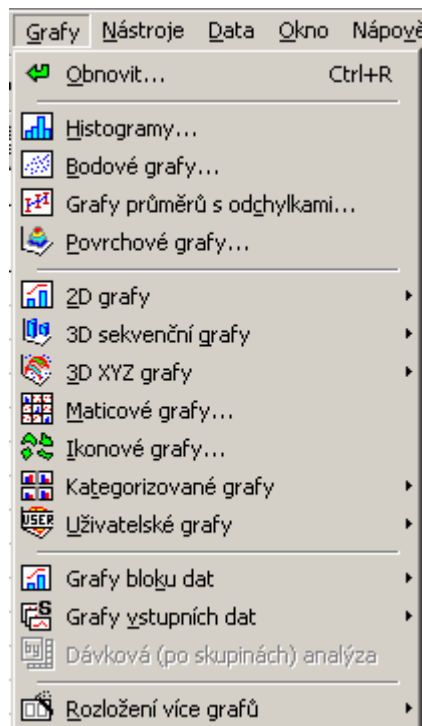
Statistických funkcí obsahuje velké množství. Pro začátečníka tedy může být obtížnější program dokonale (nebo aspoň dostatečně) ovládnout. Jedním kliknutím lze z dlouhé řady čísel získat medián, průměr, horní a dolní kvartil, součet, minimum a maximum, a třeba i směrodatnou odchylku. Toto nedovede ani jeden z výše jmenovaných programů. U nich každou z těchto funkcí musíme definovat jednotlivě (např. zápisem vzorce v MATLABu, nebo zvolením určité předdefinované funkce v Excelu - korelace, suma, průměr, ...). Program obsahuje funkce, které je ze statistického hlediska složité pochopit. Mezi takto náročné funkce bych řadila metodu Box-Jenkinsovu nebo využití neuronových sítí.

Analýza dat probíhá komplexně. Na obrázku 4 vidíme přehled základních statistických metod, jaké program nabízí. Na obrázku 5 je přehled možností grafického zpracování dat. Statistický paket obsahuje i několik typů grafů, které v základní sadě Excelu nenajdeme. Příkladem takového grafu je krabicový graf, který umožňuje posouzení robustního odhadu

mediánu, dále umí posoudit symetrii a variabilitu datového souboru a odlehlých či extrémních hodnot [13]. Lze jím například ověřit správnost naměřených hodnot a ze statistik vyřadit hodnoty, které jsou odlehlé a lze je tedy posoudit jako chybně naměřené.



Obrázek 4: Přehled statistik



Obrázek 5: Přehled grafů

Operačním systémem, který STATISTICU podporuje je pouze Microsoft Windows. Tento software je vhodný hlavně pro numerickou analýzu dat. Starší verze programu jsou k dostání i v češtině (nápověda je stále anglická).

Zvolila jsem tento statistický paket také z toho důvodu, že je v praxi na zpracování meteorologických dat využíván. Na pobočce Českého hydrometeorologického ústavu v Hradci Králové funguje již několik let skupina aplikovaného klimatologického výzkumu. Od svého vzniku zde využívají právě software firmy StatSoft jako základní prostředek pro zpracování klimatologických dat.

Na pobočce ČHMÚ se nejvíce se uplatňuje STATISTICA Neuronové sítě a STATISTICA Standard. Pomocí neuronových sítí byly řešeny různé úkoly namátkou je to interpolace a regionalizace vybraných klimatologických charakteristik na území ČR, korekce radarových odhadů srážkových úhrnů v situacích se silnými přivalovými srážkami a do třetice například analýza nelineární variability tlakového pole v severoatlantické oblasti (nelineární analýza hlavních komponent pomocí autoasociativní neuronové sítě, klasifikace cirkulačních typů pomocí Kohonenovy sítě). STATISTICA Standard je zde využívána hlavně pro základní analýzu a předzpracování dat, či pro kvalitní numerické i grafické prezentace výsledků a výpočtu. STATISTICA Neuronové sítě je aplikována především na tvorbu modelů a předpovídání počasí [11].

7. Statistická analýza meteorologických dat

7. 1 Použitá data

Hodnoty atmosférického tlaku jsou použity z měřicího systému Noel 2000. Z tohoto systému jsou k dispozici pouze hodnoty z roku 1998 z prvních třech měsíců roku. K analýze je využit pouze měsíc leden, kdy měření probíhalo každou hodinu.

Hodnoty teploty vzduchu jsou měřeny přístrojem Meteos 4, který zaznamenává průměrnou teplotu vzduchu ve 2 m v intervalu 15 minut, dále pak maximální a minimální změřenou hodnotu během časového intervalu. Zvolená data jsou z měsíce ledna a července roku 2000. Měsíc leden byl vybrán, protože je statisticky nejchladnějším a červenec naopak nejteplejším měsícem roku.

Hodnoty rychlosti a směru větru jsou čerpány ze systému Noel-vítr. Dále bude využita průměrná, minimální a maximální rychlost větru měřená během 15 minutového intervalu a směr větru změřený na konci tohoto intervalu. Data jsou opět z ledna a července roku 2000.

Import dat neprobíhal zcela bezproblémově, protože data nejsou zapisována vždy v přesných sloupcích pod sebou, proto byla nutná kontrola a případná oprava dat. Kontrola dat byla nutná také z důvodů občasného selhání měřicích přístrojů. Tato chybná data byla ze statistik vyřazena.

7. 2 Použité statistické metody

Ke statistickému rozboru hodnot byly využity základní statistické funkce a grafy. Výpočet průměru, mediánu, směrodatné odchylky, minima a maxima, dolního a horního kvartilu, šikmosti a špičatosti. Tyto základní výpočty není nutné více vysvětlovat.

Pro grafickou reprezentaci dat byly použity ve všech případech obdobné grafy, aby bylo možné porovnání. Každá meteorologická veličina je vykreslena spojnicovým grafem, který ukazuje trend vývoje dané veličiny po dobu jednoho měsíce. Krabicový graf je vhodným ukazatelem rozložení hodnot. Obdélník popisuje 75%-25% a jeho velikost je vypočítána podle kvartilového rozpětí. Tykadla, která vyběhají ven z obdélníku dosahují k nejvzdálenějšímu pozorování zařazenému mezi neodlehle hodnoty. Odlehle hodnota je každá, která je od bližšího kvartilu vzdálena více než jedenapůlnásobek kvartilového rozpětí. Z krabicových grafů lze na první pohled zjistit nenulovou šikmost podle polohy mediánu. A nenulovou špičatost podle délky tykadel. Další využitý graf je vytvořen ze spojnice průměrných hodnot a je vykreslen v jednotlivých časových intervalech měření. Jako poslední typ grafu je využit histogram. Histogram slouží k znázornění zjištěné četnosti. K ověření normality zkoumaných skupin dat posloužil Shapiro-Wilksův, Kolmogorov-Smirnovův a Lilienforsův test normality.

Statistický paket STATISTICA umožňuje i detailnější studie časových řad. Obsahuje neuronové sítě k modelování a predikci počasí, dále ARIMA modely se všemi nutnými výpočetními mezikroky jako je rozpoznání stacionarity řady, diferencování řady v logaritmech, použití autokorelační a parciální autokorelační funkce. Je schopná také sezónního rozkladu, analýzy přerušovaných časových řad, spektrální analýzy atd. Uplatnění těchto složitějších modelů je vhodné spíše v diplomové práci.

Teoretický statistický základ jsem čerpala z [17] a [5].

7. 3 Číselný a grafický rozbor tlaku vzduchu

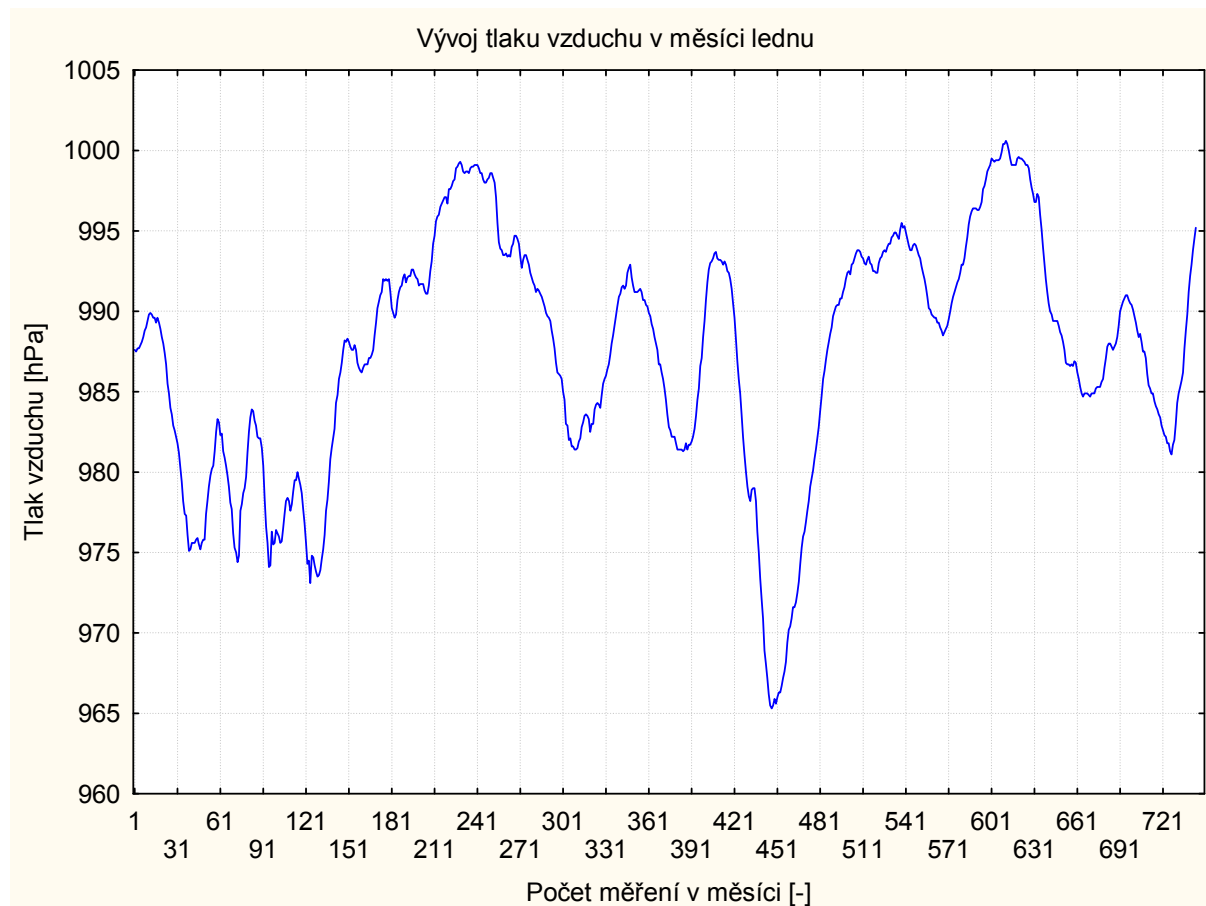
Tabulka 7: Hodnoty tlaku vzduchu z ledna 1998

Tlak vzduchu v [hPa] (744 hodnot)	
Průměr	987,4
Medián	988,5
Směrodatná odchylka	7,5
Minimum	865,3
Maximum	1001,0
Dolní kvartil	982,3
Horní kvartil	992,9
Šikmost	-0,6
Špičatost	-0,1

Z tabulky lze vyčíst, že rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou tlaku je 134,8 hPa. To je velmi velké číslo, které ukazuje nespíš na průchod tlakových níží a tlakových výší. Odlehlé hodnoty však lze odůvodnit i chybným měřením. Ukazuje na něj například fakt, že maximální udávaný rozdíl tlaků v jednom místě měření je 100 hPa.

Celkově je kolísání tlaku vzduchu přičítáno nerovnoměrnému ohřívání zemského povrchu a pohybům vzduchových hmot, které vznikají při běžné cirkulaci ovzduší.

Obrázek 6: Vývoj tlaku vzduchu v lednu 1998

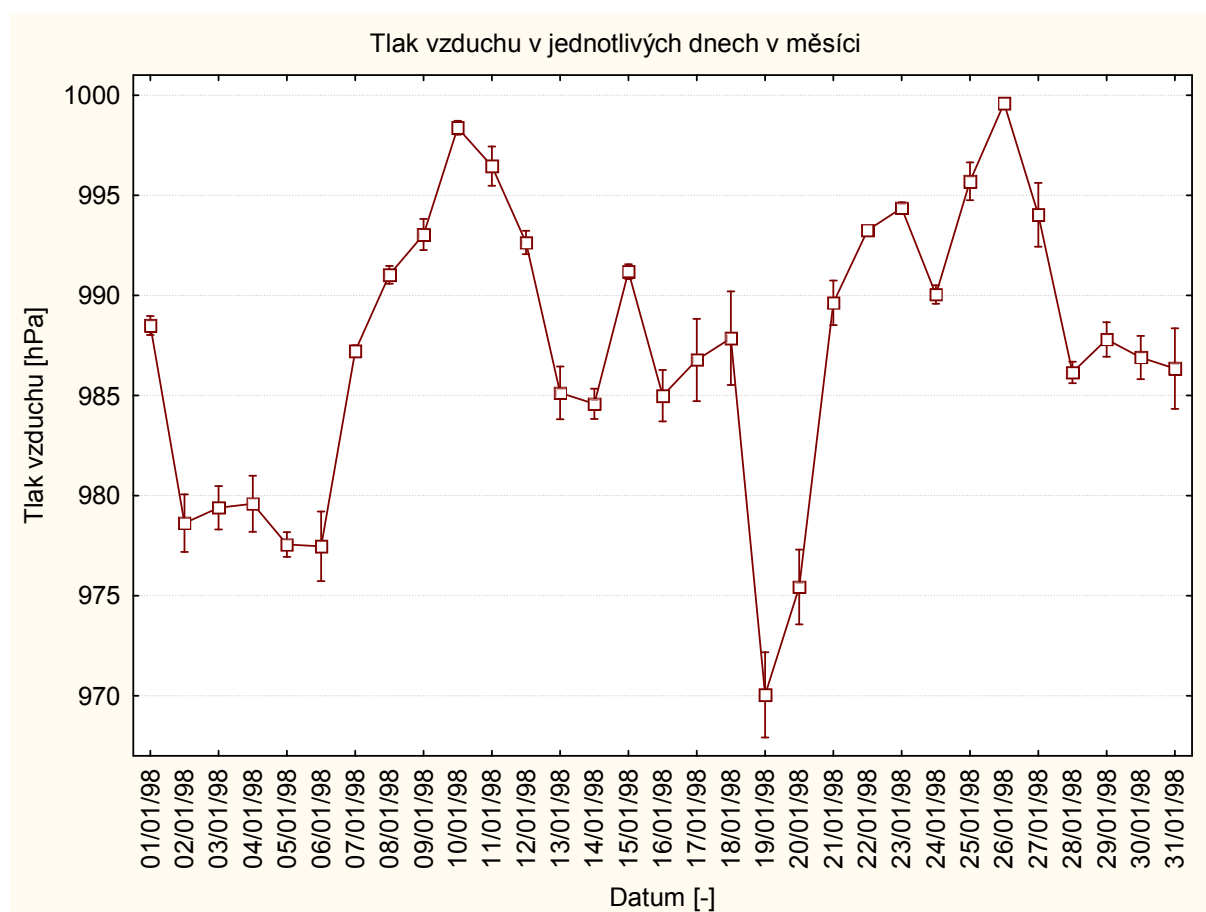


Tlak vzduchu v jednotlivých dnech se měnil docela výrazně. Velké rozdílové skoky lze pozorovat mezi 1. a 2. lednem, 6. a 7., 18. a 19. a konečně mezi 21. a 22. lednem. Skok mezi 18. a 19. lednem činí téměř 18 hPa. V ČR se udává tlakové rozmezí asi 970-1050 hPa. Dle pravidel ročního chodu tlaku by právě v zimě mělo být dosaženo maxim a to průchodem sezónních anticyklon. Tato pravidla poukazují na možnost, že došlo k chybě měření [2].

V internetových archivech lze nalézt data z roku 1998 naměřená v Brně. Průměr pro 18.1. činí 1017,88 hPa a pro 19.1. činí 1000,12 hPa. Dle mnou zpracovávaných dat jsou průměry jiné a to pro 18. 1. je to 987,86 hPa a pro 19. 1. je to 970,05 hPa. Rozdíl mezi hodnotami je tedy stejný, ale zřejmě došlo k chybnému přepočtu na hladinu moře [21].

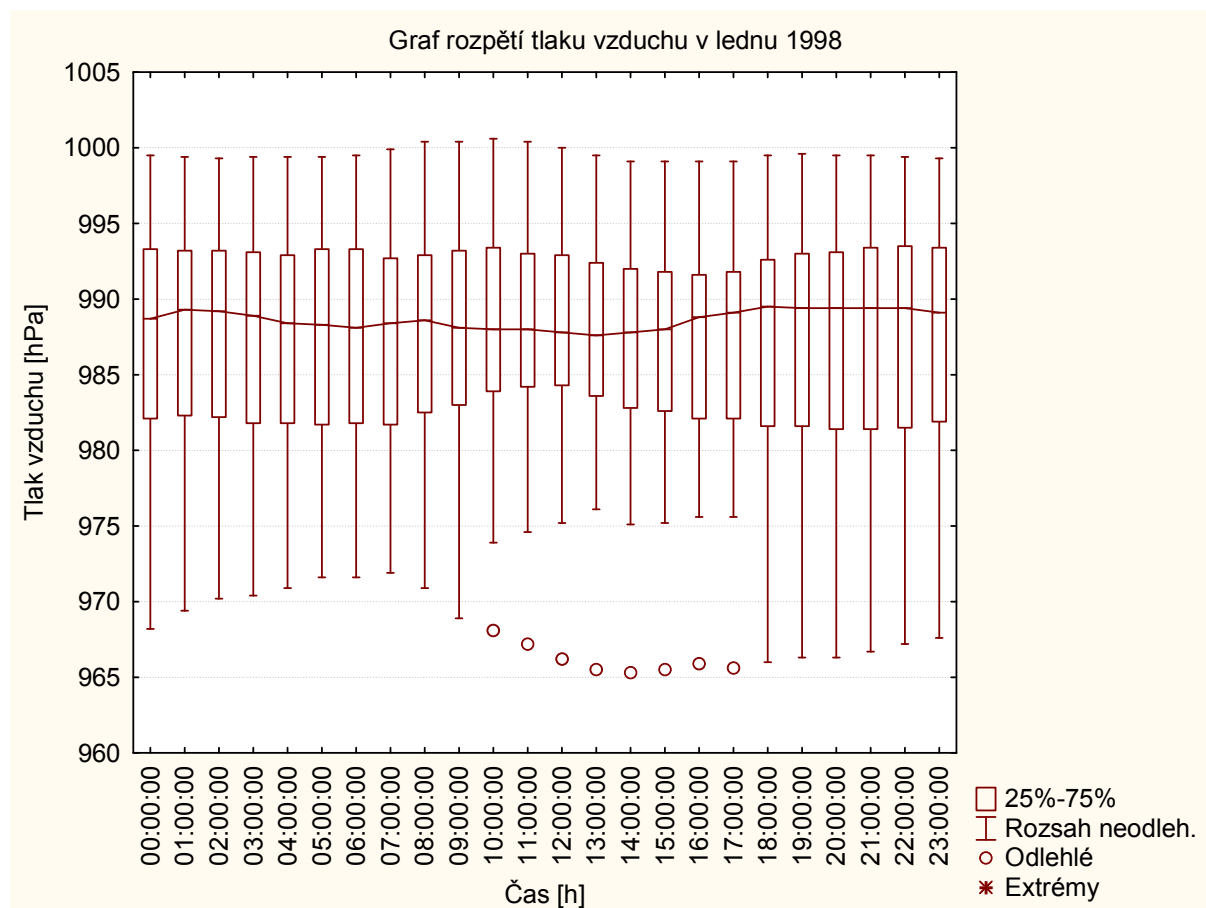
Dle tykadel vystupujících z obdélníků můžeme soudit, jak velký byl denní rozptyl hodnot např. 10. 1. byl tlak téměř neměnný. Naopak dne 18. 1. jsou tykadla dlouhá, tlak byl tedy značně proměnlivý. Tykadla zahrnují průměr $\pm 0,95$ interval spolehlivosti.

Obrázek 7: Tlak vzduchu v jednotlivých dnech



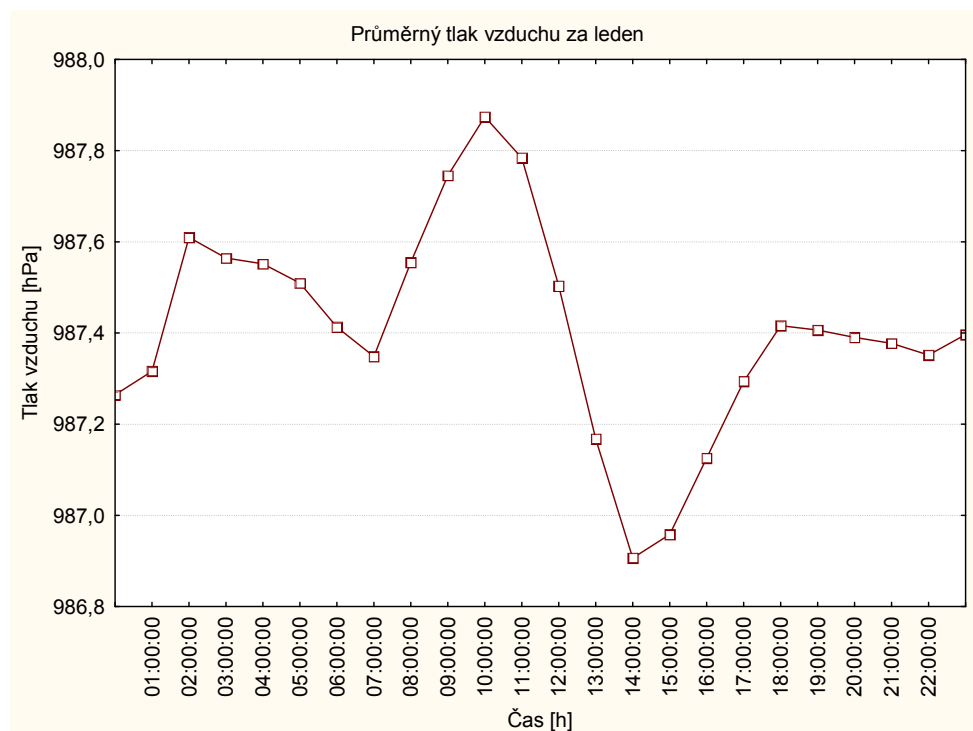
Na krabicovém grafu je patrné, v jakém rozsahu se pohybovaly hodnoty tlaku v lednu. Nejvíce zářejícím je výkyv hodnot k 19. 1. 1998, který jsem již zmínila výše. Krabicový graf hodnoty zařadil mezi hodnoty odlehlé a výslednou spojnicí mediánu vypočítal jen z hodnot ležících v rozsahu neodlehlých. Rozsah neodlehlých hodnot leží v jedenapůlnásobku kvartilové vzdálenosti.

Obrázek 8: Graf tlaku vzduchu



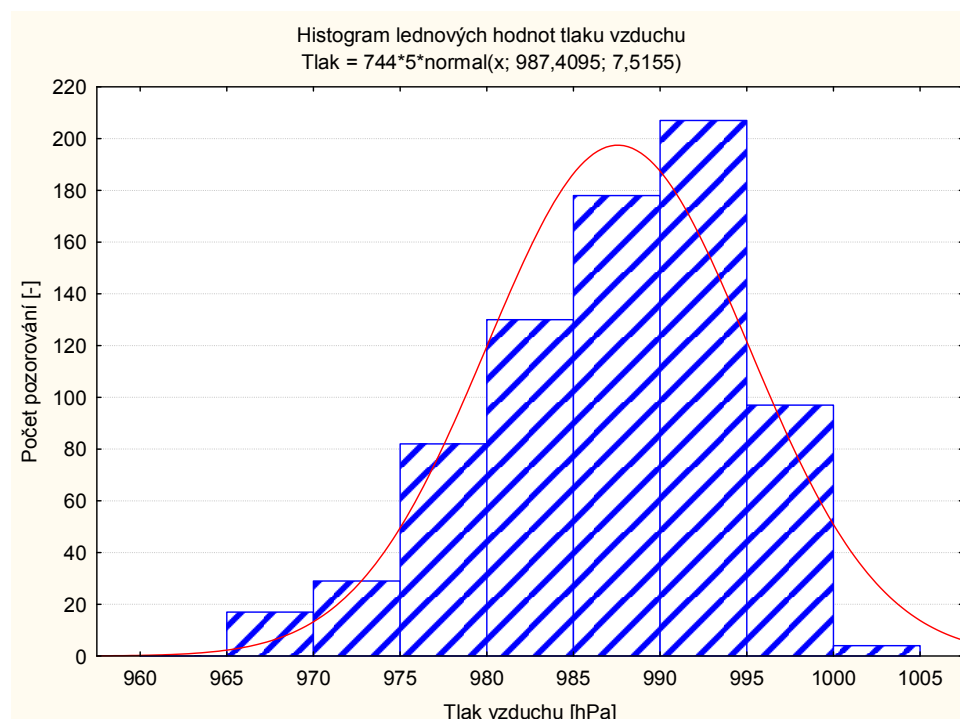
V následujícím grafu je spojnice průměrných měsíčních hodnot (spojnice průměrů a spojnicová křivka mediánů z předchozího grafu se samozřejmě liší). Do průměru jsou ovšem započítané i výše uvedené odlehlé hodnoty. Na grafu lze vidět tři maxima ve 2, v 10 a v 18 hodin. Dle periodického chodu tlaku by mělo docházet k maximu kolem 10. a 22. hodiny. Minimálních hodnot by mělo být dosaženo kolem 4. a 16. hodiny. Tato hypotéza také příliš neodpovídá. Minima dle grafu jsou kolem 7. a 14. hodiny. Minimum kolem 14. hodiny může být částečně zkresleno odlehlými hodnotami. Důvodem nepřesně odpovídajícího periodického chodu tlaku může být i to, že periodicitu je více patrná v letním období. Rozdíl mezi horním a dolním průměrným maximem je pouze 1hPa, což odpovídá hodnotám pro oblast ČR.

Obrázek 9: Průměr tlaku vzduchu z ledna 1998



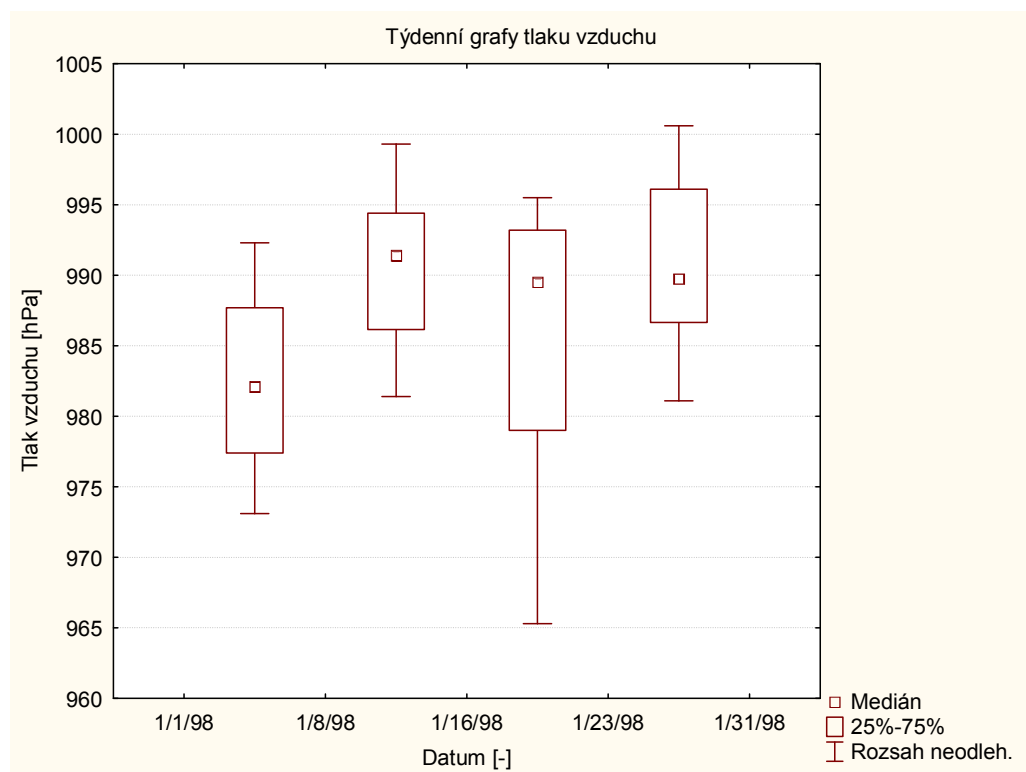
Histogram vypovídá o rozložení hodnot. Graf je proložen normálním Gaussovským rozložením. Hodnoty mu ovšem neodpovídají a to nejen vizuálně dle histogramu, ale podle výsledků provedených testů normality, kde ani v jednom z testů (Shapiro-Wilksův, Kolmogorov-Smirnovův a Lilienforsův) nebyla překročena hladina významnosti stanovená na 0,05. Největší četnosti dosahují hodnoty mezi 990-995 hPa. Nejmenší zastoupení má sloupec pro hodnoty od 1000 do 1005 hPa. Pro tlak je typické, že v lednu bývá vyšší než v červenci. Kvůli nedostatku dat toto však nemohu porovnat.

Obrázek 10: Histogramové rozložení tlaku vzduchu

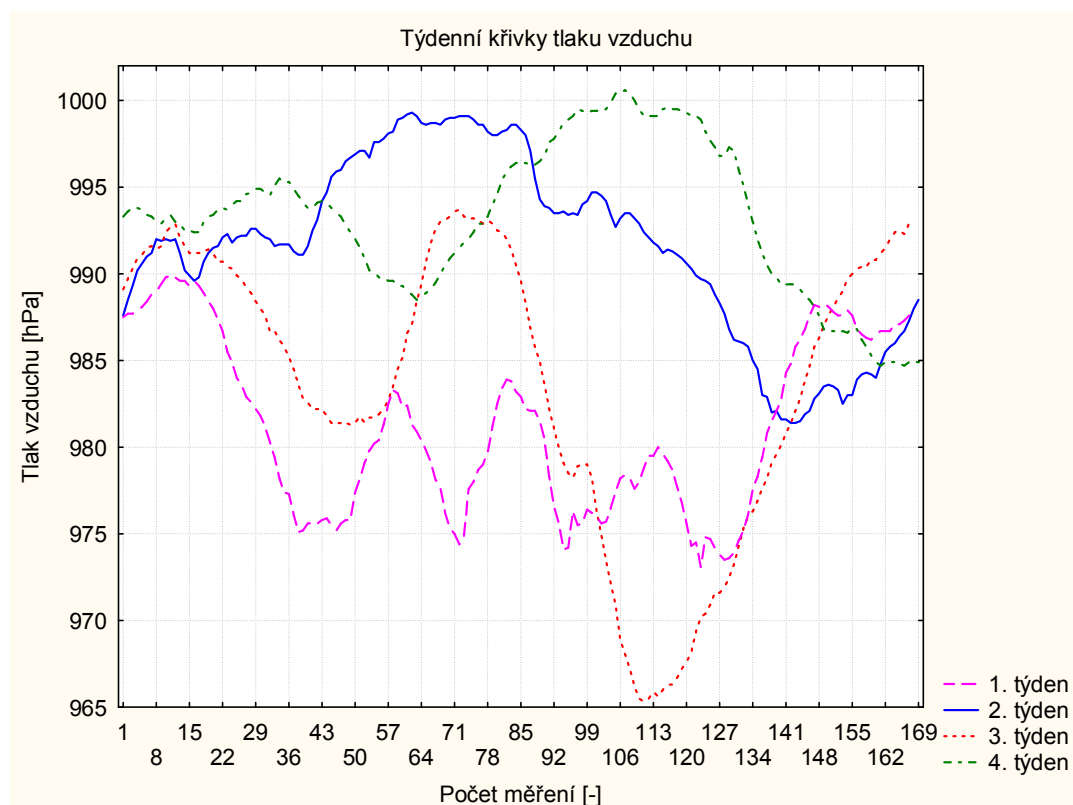


Měsíc byl rozdělen na stejné úseky-přibližně týdny-a byly vypracované tyto dva grafy. Na obou z nich je patrné, že neexistuje žádný týdenní periodický chod tlaku vzduchu. Hodnoty jsou velmi odlišné a nevykazují výraznou podobnost.

Obrázek 11: Týdenní grafy tlaku vzduchu



Obrázek 12: Týdenní spojnicový graf tlaku vzduchu



7. 4 Teplotní rozbor ledna a července 2000

Tabulka 8: Hodnoty teplot z ledna 2000

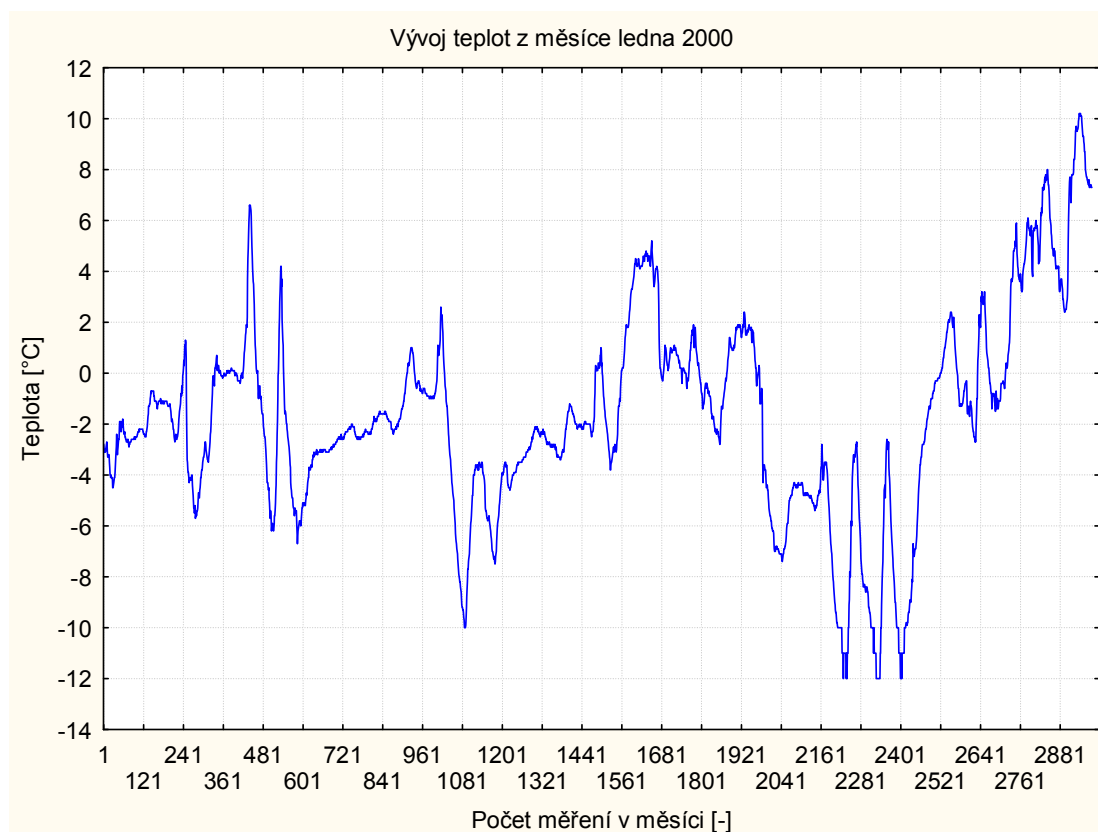
Teplota vzduchu z ledna 2000 ve [°C] (2976 hodnot)			
	průměr	minimum	maximum
Průměr	-1,7	-1,8	-1,7
Medián	-2,0	-2,1	-2,0
Směrodatná odchylka	3,9	4,0	4,0
Minimum	-12,0	-12,9	-12,8
Maximum	10,2	10,2	10,2
Dolní kvartil	-3,8	-3,8	-3,7
Horní kvartil	0,2	0,1	0,3
Šikmost	0,2	0,1	0,1
Špičatost	0,6	0,7	0,7

Hodnoty v tabulce pro průměr, minimum a maximum jsou velmi podobné, liší se pouze v desetínách a to hlavně kvůli krátkému intervalu mezi měřeními a malé proměnlivosti teplot v řádu minut. Průměrná lednová teplota v ČR je $-2,8^{\circ}\text{C}$. Průměr v Brně $-1,7^{\circ}\text{C}$ může být tedy chápán jako teplotně nadprůměrný leden. Záleží však také na oblasti měření. Průměry v Brně se určitě budou lišit od celorepublikových průměrů. Pro zajímavost letošní průměrná lednová teplota v Brně byla $-3,5^{\circ}\text{C}$ s měsíčním minimem $-20,8^{\circ}\text{C}$ a maximem $7,4^{\circ}\text{C}$. Hlavně minimum $-20,8^{\circ}\text{C}$ ukazuje na to, že letos byly opravdu tuhé mrazy.

Absolutní rozpětí hodnot (mezi minimem a maximem) je $23,1^{\circ}\text{C}$. Teplotní rozdíly v jednom měsíci byly tedy značně citelné.

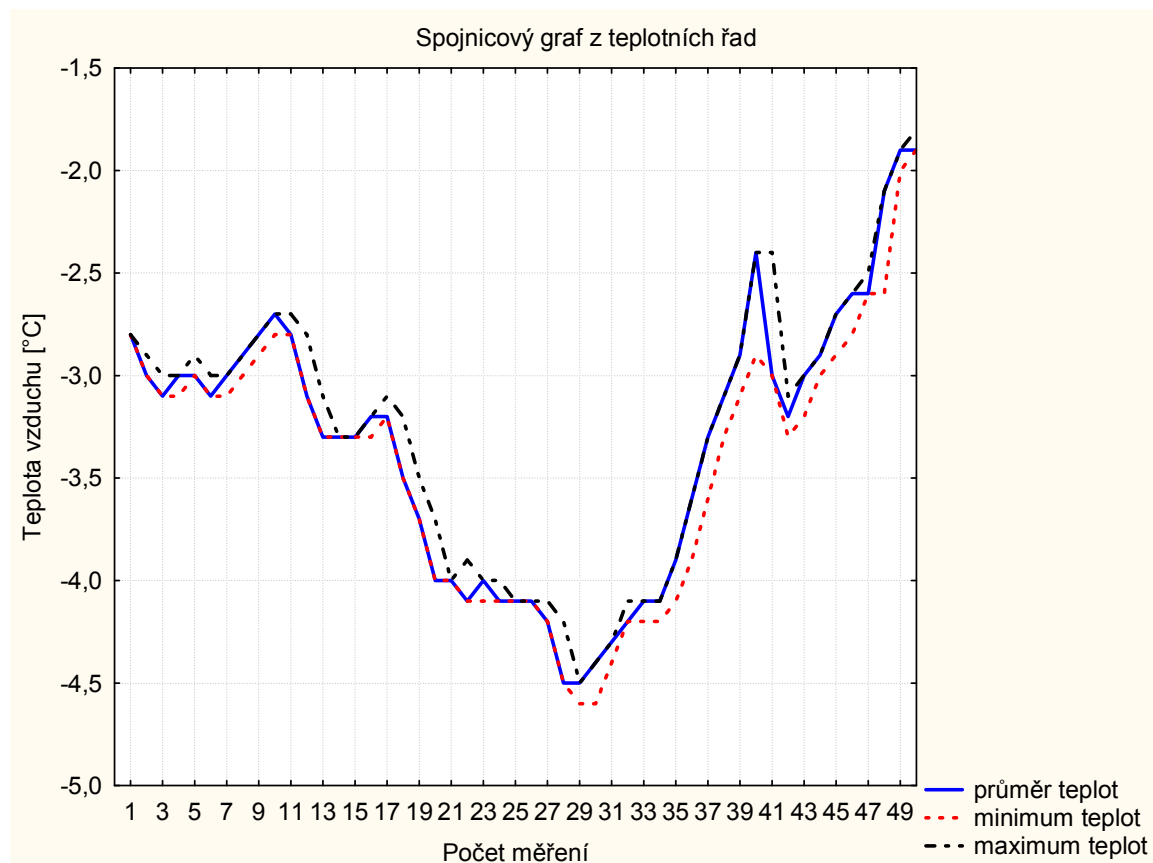
Časová teplotní řada celkově vykazuje trend zvyšování teploty.

Obrázek 13: Vývoj teplot v lednu 2000



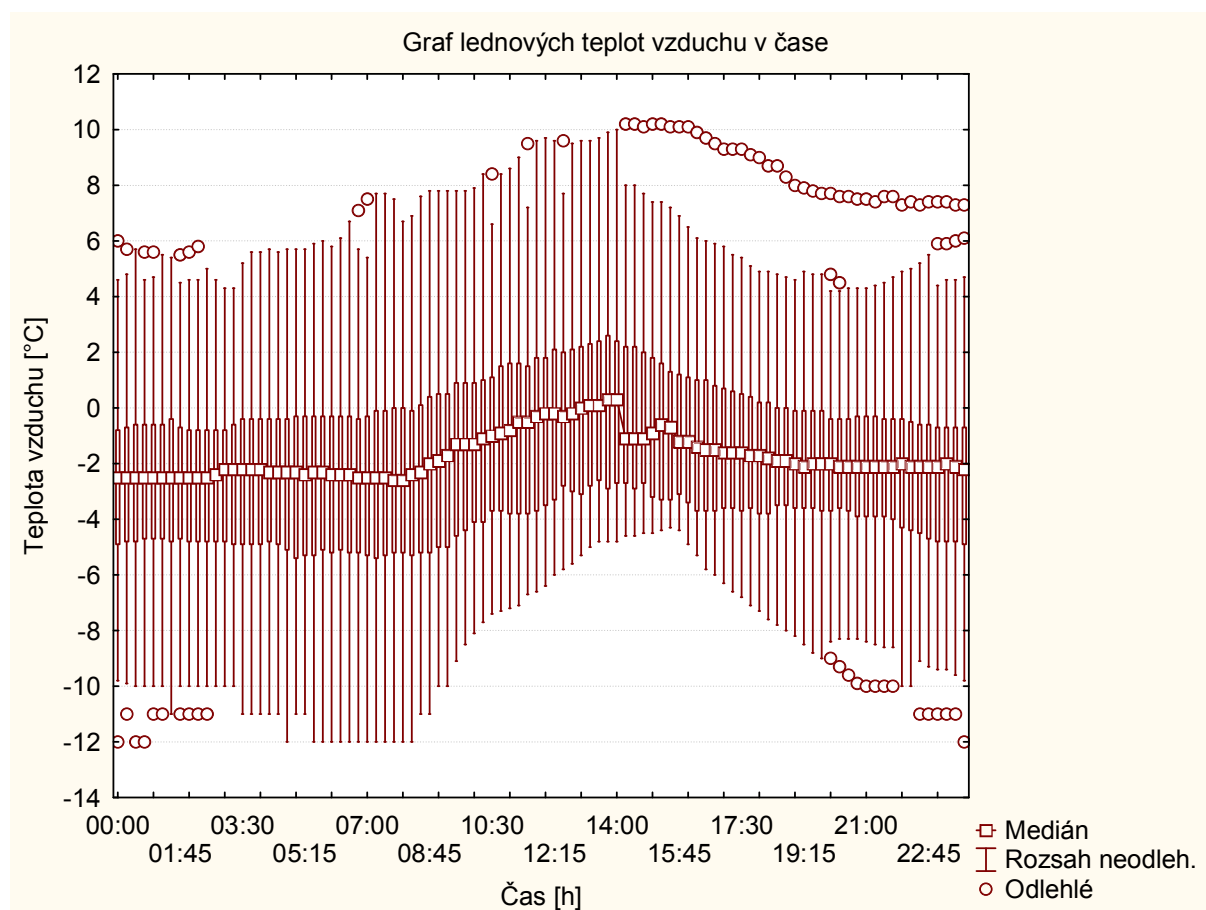
Graf v detailu ukazuje rozptyl minimálních a maximálních teplot v porovnání k teplotě průměrné. Vzhledem k častým intervalům měření jsou si hodnoty velmi blízké a kopírují svůj průběh. Můžeme si všimnout, že při klesajícím trendu průměrná hodnota často kopíruje hodnotu minimální a naopak při trendu rostoucím je křivka maximálních hodnot totožná s hodnotami průměrnými. Graf uvádím jen pro ukázkou. U červencových teplot již uveden nebude, protože není příliš informativní.

Obrázek 14: Detail spojnicového grafu



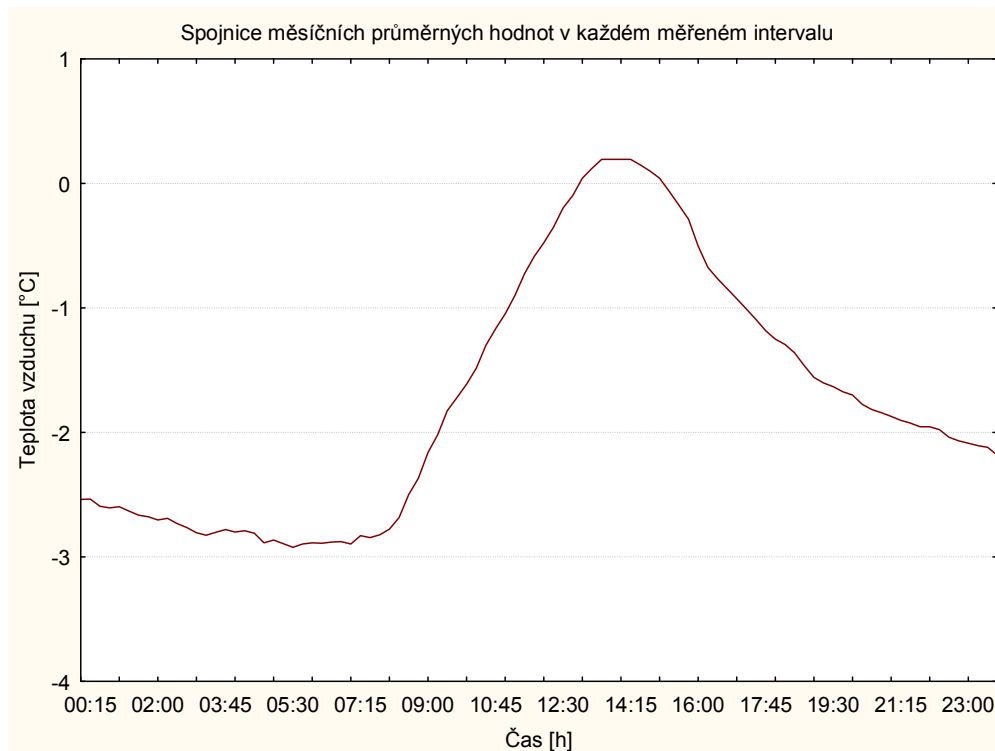
Krabicový graf vypadá značně nepřehledně, a to díky množství naměřených hodnot, přesto je schopen poskytnout potřebné informace. Měsíční hodnoty jsou zde tříděny podle času. Zvýrazněny jsou mediány a odlehlé hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou hodnoty ve vzdálenosti větší než jeden a půl kvartilového rozpětí.

Obrázek 15: Graf teplot z ledna 2000



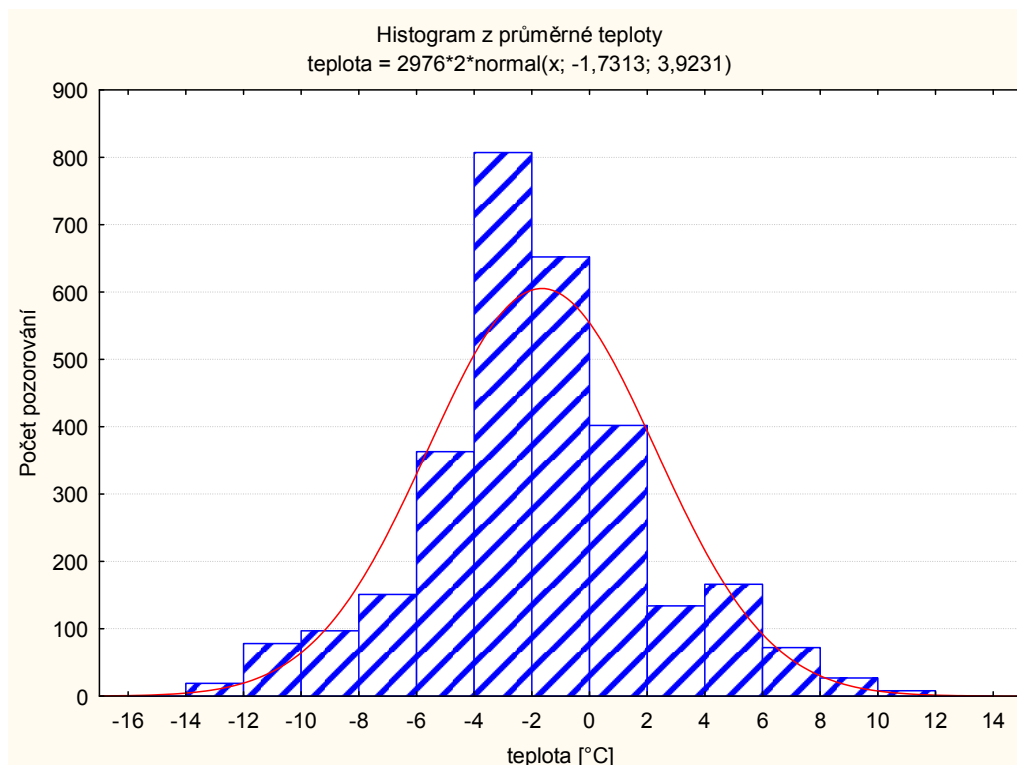
Ze spojnice průměrů opět nejlépe poznáme zda periodický chod teplot odpovídá předpokladům. V lednu teplota dosahuje svých maxim kolem 14. hodiny a minim kolem východu Slunce. Grafické znázornění v tomto případě odpovídá teoretickým předpokladům. Názorně je zde vidět strmý nárůst teploty a pozvolnější ochlazování. Tento jev je způsoben rychlejším ohřevem a pomalejším chladnutím aktivního povrchu.

Obrázek 16: Spojnice průměrů z lednových teplot



Histogram ukazuje rozložení hodnot podle četností. Modální hodnotou jsou zde teploty v rozmezí -4 až -2°C . Rozložení se tváří jako normální ale po provedení Shapiro-Wilksova, Kolmogorov-Smirnova a Lilienforeova testu je prokázáno, že Gaussovu rozložení neodpovídá. Ani v jednom z testů hodnota p nepřekročila hladinu významnosti stanovenou na $\alpha=0,05$.

Obrázek 17: Histogram z lednových teplot

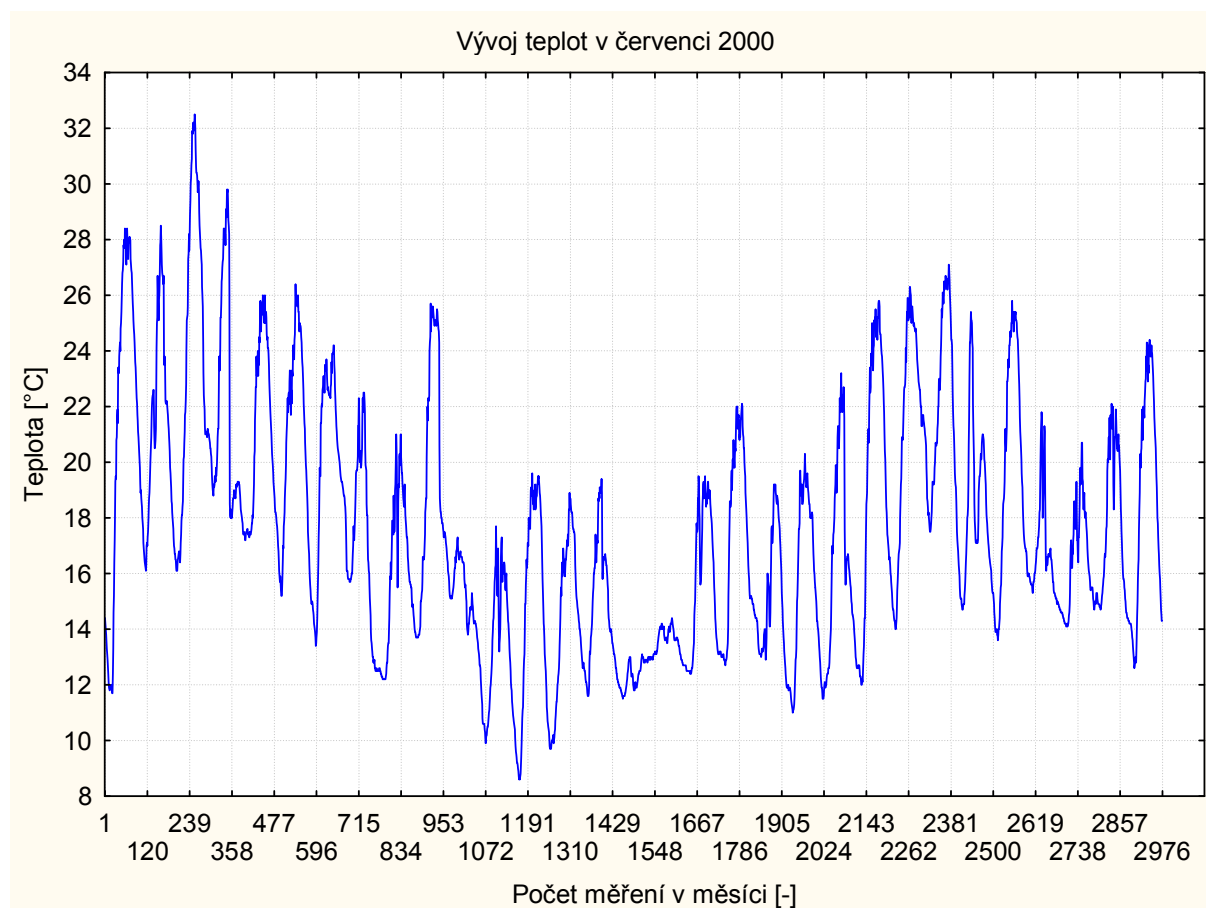


Tabulka 9: Statistický rozbor červencových teplot

Teplota vzduchu z července 2000 ve [°C] (2976 hodnot)			
	průměr	minimum	maximum
Průměr	17,8	17,7	18,0
Medián	17,1	17,0	17,4
Směrodatná odchylka	4,5	4,4	4,5
Minimum	8,6	8,6	10,0
Maximum	32,5	32,2	32,7
Dolní kvartil	14,2	14,2	14,4
Horní kvartil	20,7	20,5	21,0
Šikmost	0,6	0,6	0,6
Špičatost	-0,2	-0,2	-0,3

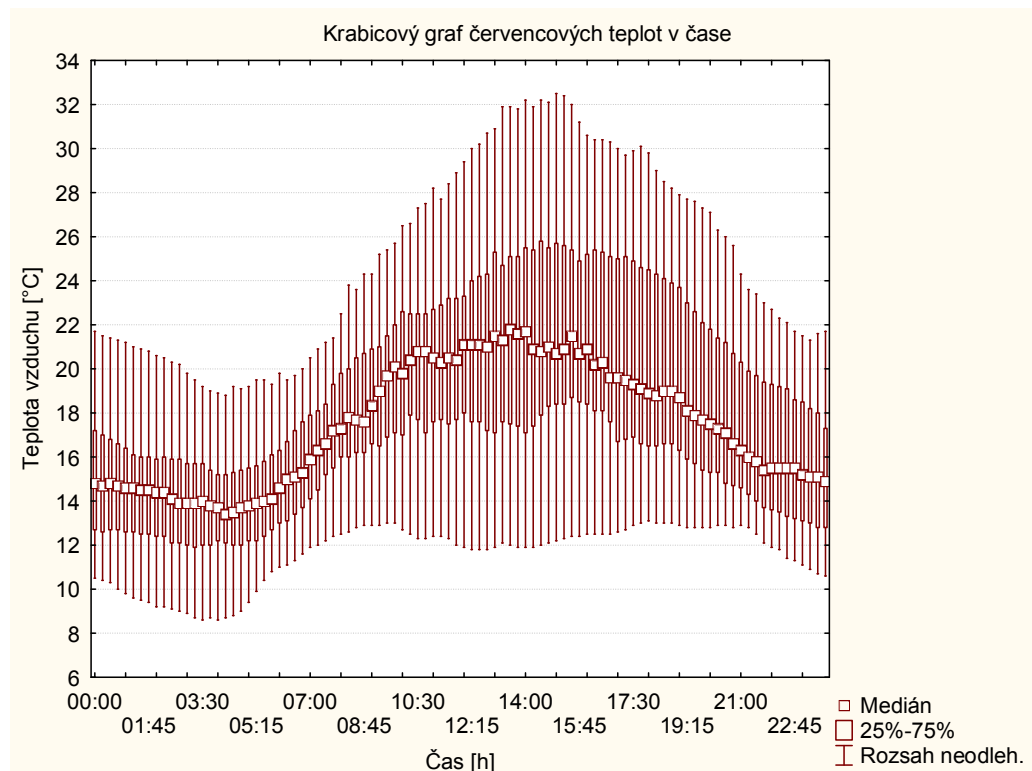
Červencová průměrná teplota v ČR je 18°C. Rok 2000 s průměrnou teplotou 17,8 °C tedy nebyl nijak výjimečným. Rozpětí minimální a maximální teploty činí 24,1°C. Teplotní šíře v červenci je tedy jen o 1,0°C vyšší než v lednu.

Obrázek 18: Vývoj teplot v červenci 2000



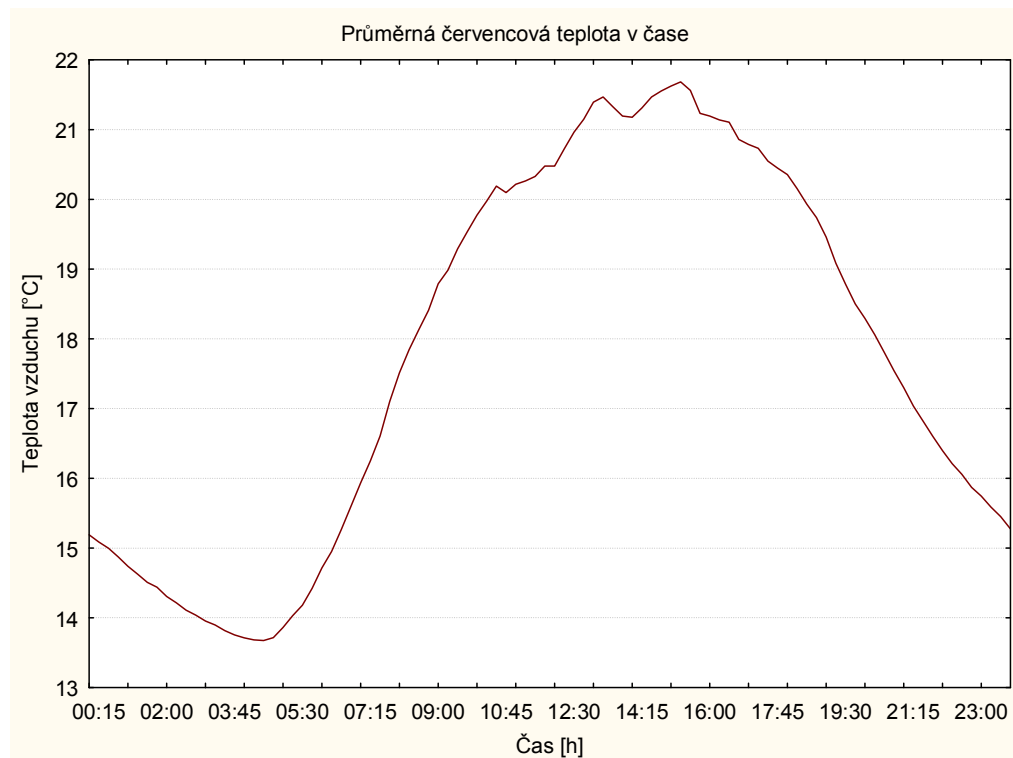
Krabicový graf je vytvořen z mediánu a poskytuje docela souhrnnou představu o rozložení hodnot. Rozdíl mezi denní a noční teplotou je zde zřetelnější než v lednovém grafu. Také je patrné, že noční teploty nejsou tak proměnlivé jako teploty denní.

Obrázek 19: Rozptyl červencových teplot v čase



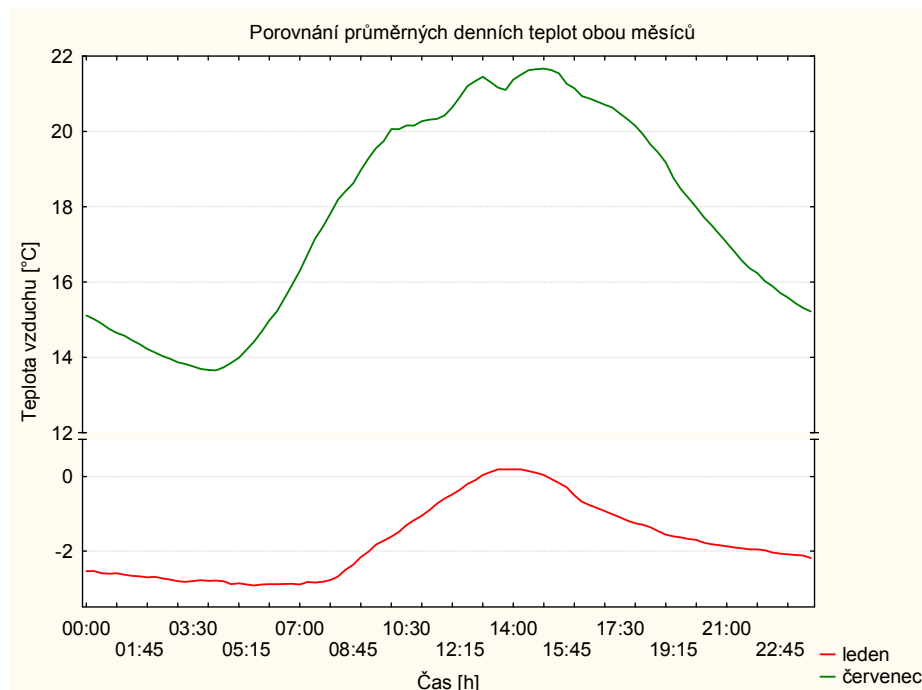
V červenci denních maximálních hodnot teplota dosahuje kolem 15. hodiny, což křivka potvrzuje. Minima dosahuje kolem 4. hodiny ránní, tedy před východem slunce. To potvrzuje předpoklady.

Obrázek 20: Průměrná teplota za červenec 2000



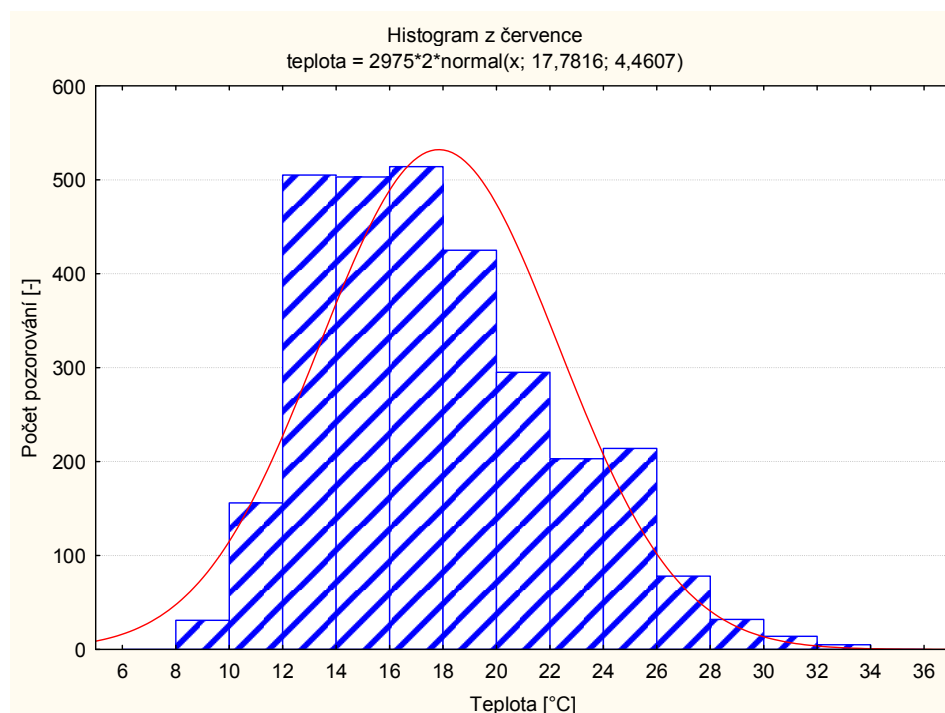
Když porovnáme průměrné teploty v těchto dvou měsících je zřetelně vidět, že v červenci jsou výkyvy teplot mezi dnem a nocí znatelnější než v lednu. V červenci je průměrný teplotní rozdíl až 8°C, v lednu pouhé 3°C. Na obou grafech je vidět strmější oteplování a pomalejší ochlazování.

Obrázek 21: Porovnání obou měsíců



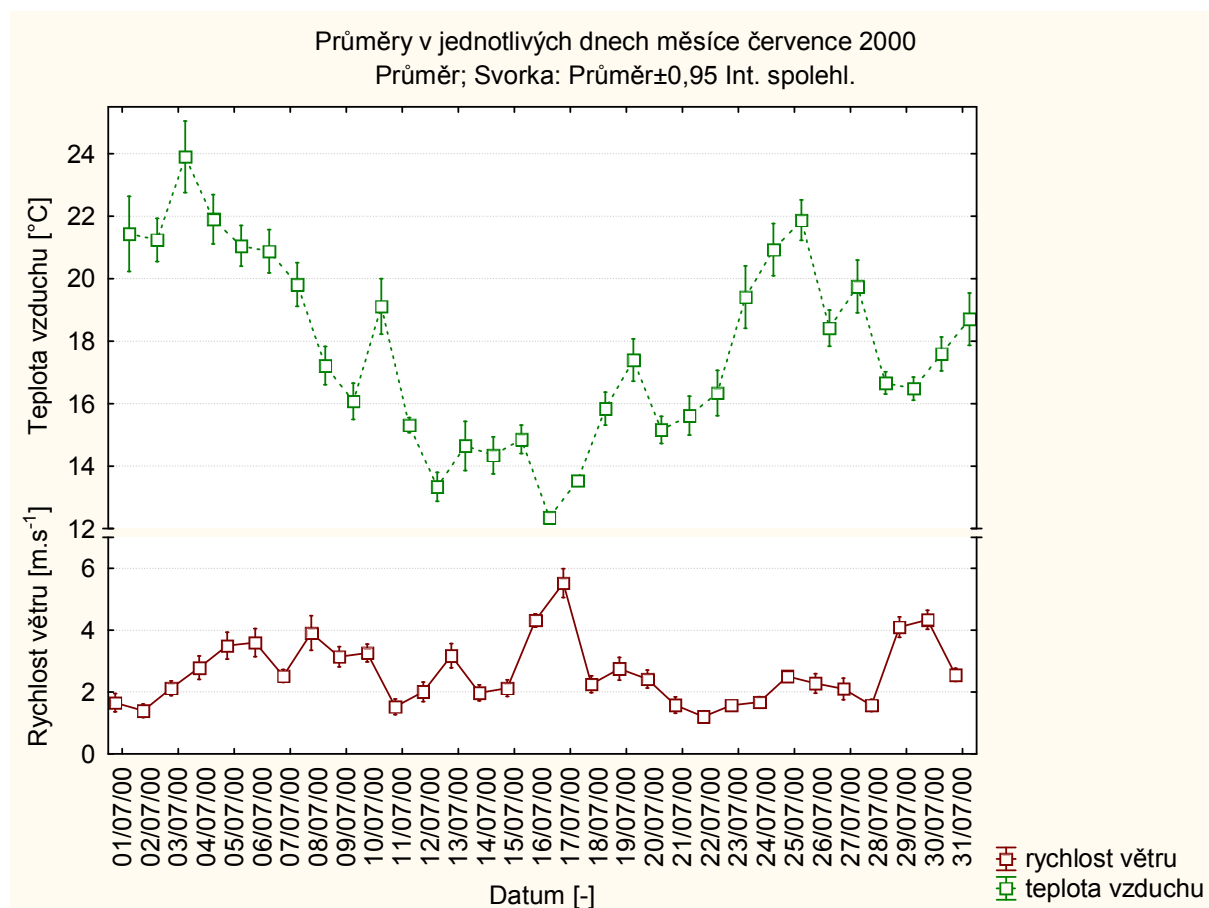
Histogramové rozložení naměřených hodnot ukazuje, že největší četnost mají hodnoty od 12°C do 18° C. Po provedení testů normality hodnoty opět neodpovídají normálnímu rozložení. K ověření normality mohou složit i číselné údaje uvedené v tabulce. Pro normální rozložení totiž platí, že šikmost a špičatost je rovna 0.

Obrázek 22: Histogram červencové teploty



Jednotlivé veličiny není nutné sledovat jednotlivě, naopak je důležité hledat mezi nimi souvislosti. Proto je zde uveden graf srovnávající změnu teploty v závislosti na změně rychlosti větru. Předpokladem je, že s rostoucí rychlostí větru dojde k ochlazení a naopak. Veličiny jsou rozděleny do jednotlivých dnů a jsou určeny průměrem a intervalem spolehlivosti. Oba teplotní propady 17. 7. a 29. 7. korespondují se zvýšením rychlosti větru. V tomto měsíci tedy hypotéza odpovídá reálnému průběhu. Vliv větru na teplotu je samozřejmě více patrný na pocitové teplotě.

Obrázek 23: Závislost teploty a rychlosti větru na čase



7. 5 Analýza rychlostí větru z ledna července 2000

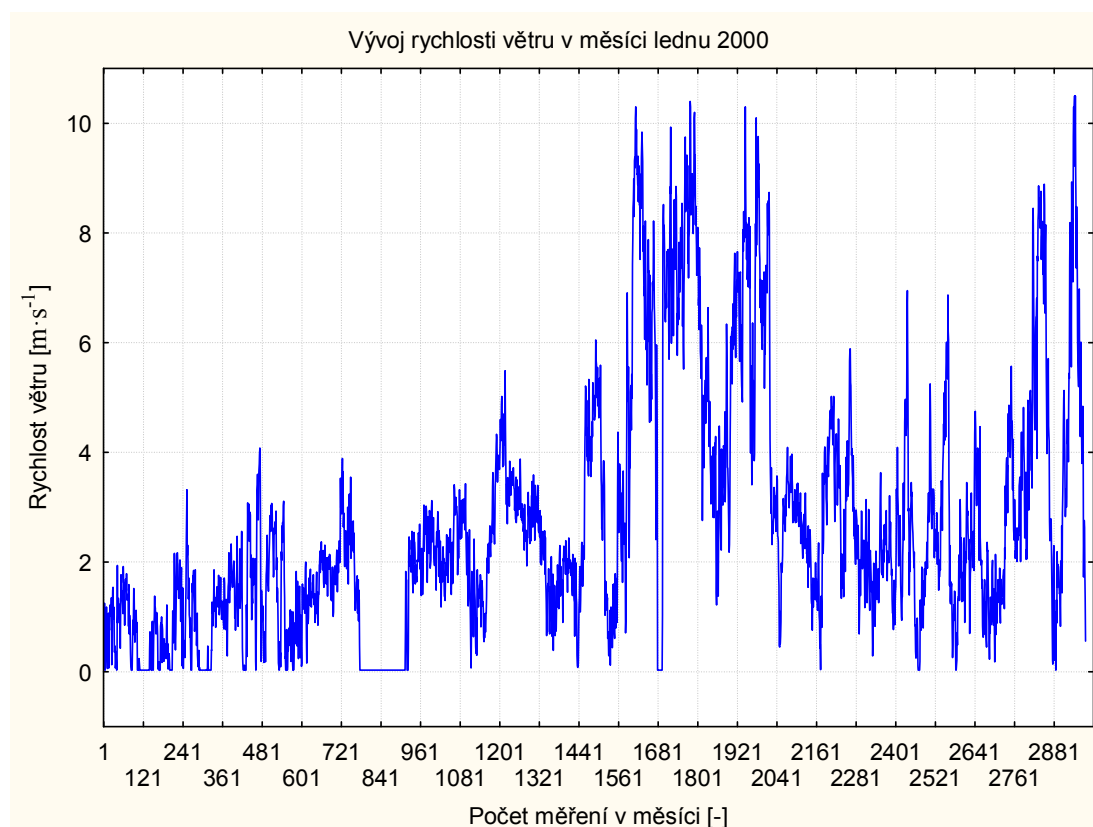
Tabulka 10: Hodnoty rychlosti větru z ledna 2000

Rychlost větru z ledna v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (915. -2976. hodnota)			
	průměr	minimum	maximum
Průměr	3,5	1,0	6,6
Medián	2,8	0,9	5,3
Směrodatná odchylka	2,3	0,8	4,3
Minimum	0,0	0,0	0,0
Maximum	10,5	4,2	20,7
Dolní kvartil	1,9	0,4	3,4
Horní kvartil	4,6	1,5	9,0
Šikmost	1,0	0,9	1,0
Špičatost	0,2	0,3	0,2

Na časové řadě je na první pohled patrné, že při měření od 777. hodnoty až do 914. hodnoty došlo k déletrvajícimu výpadku měřicí stanice, kdy se do výstupu zapsala pouze hodnota $0,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tento jev může značně zkreslit další statistiky, proto je rozumné zkoumaný měsíční interval zkrátit a tyto hodnoty z analýzy vynechat. Výsledné statistiky jsou provedené od hodnoty 915 k poslední hodnotě 2976.

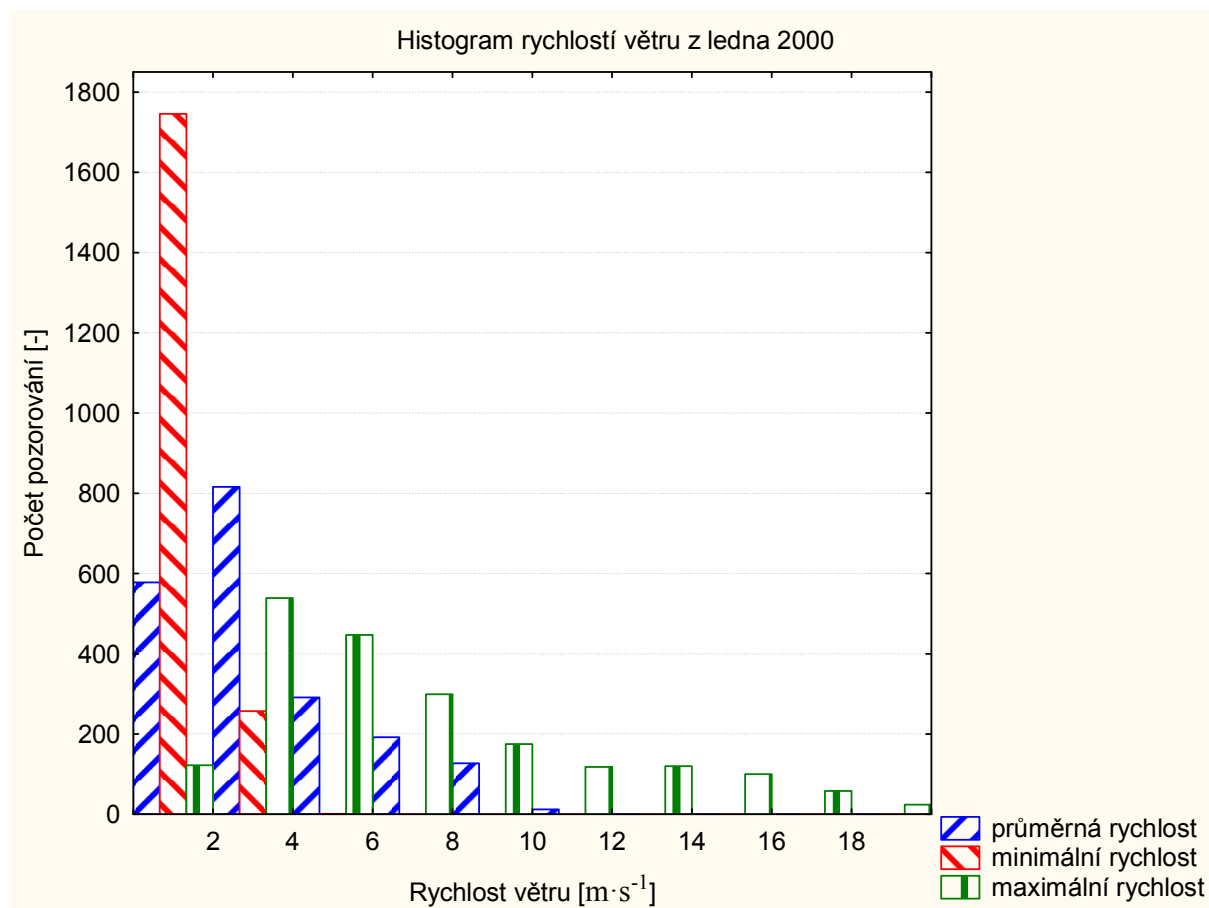
Maximální rychlost větru dosáhla hodnoty $20,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tato hodnota je v Beaufortově stupnici hodnocena stupněm 9 - vichřice. Této maximální rychlosti však bylo dosaženo pouze během krátkého 15 - ti minutového intervalu, proto neměla tato síla větru ničivé následky například na střechách domů.

Obrázek 24: Časová řada rychlosti větru



Histogram rychlostí větru ukazuje rozložení četností průměrných, minimálních a maximálních hodnot rychlosti větru za 15 - ti minutový interval. Rychlost větru je více proměnlivá, a proto pro zkoumání zajímavější. Vidíme, že minimální hodnoty jsou obsaženy pouze v prvních dvou skupinách do $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Minima jsou tedy hodnoty s relativně malými rozdíly. Oproti tomu maximální rychlosti jsou rozloženy po celé šíři zhruba od 0 do $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Průměrná rychlost dosahuje maxima asi poloviny rychlosti maximální tedy kolem $11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Modální hodnotou průměrné rychlosti větru je zde interval od 2 do $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

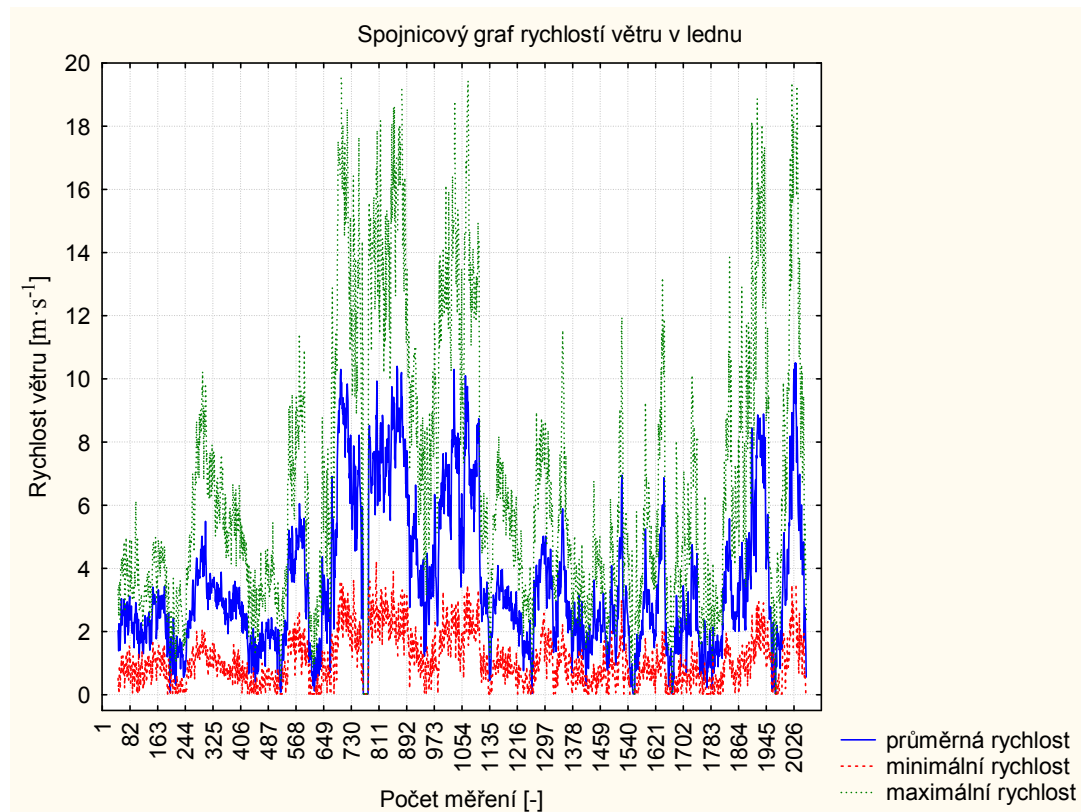
Obrázek 25: Histogramy rychlostí větru



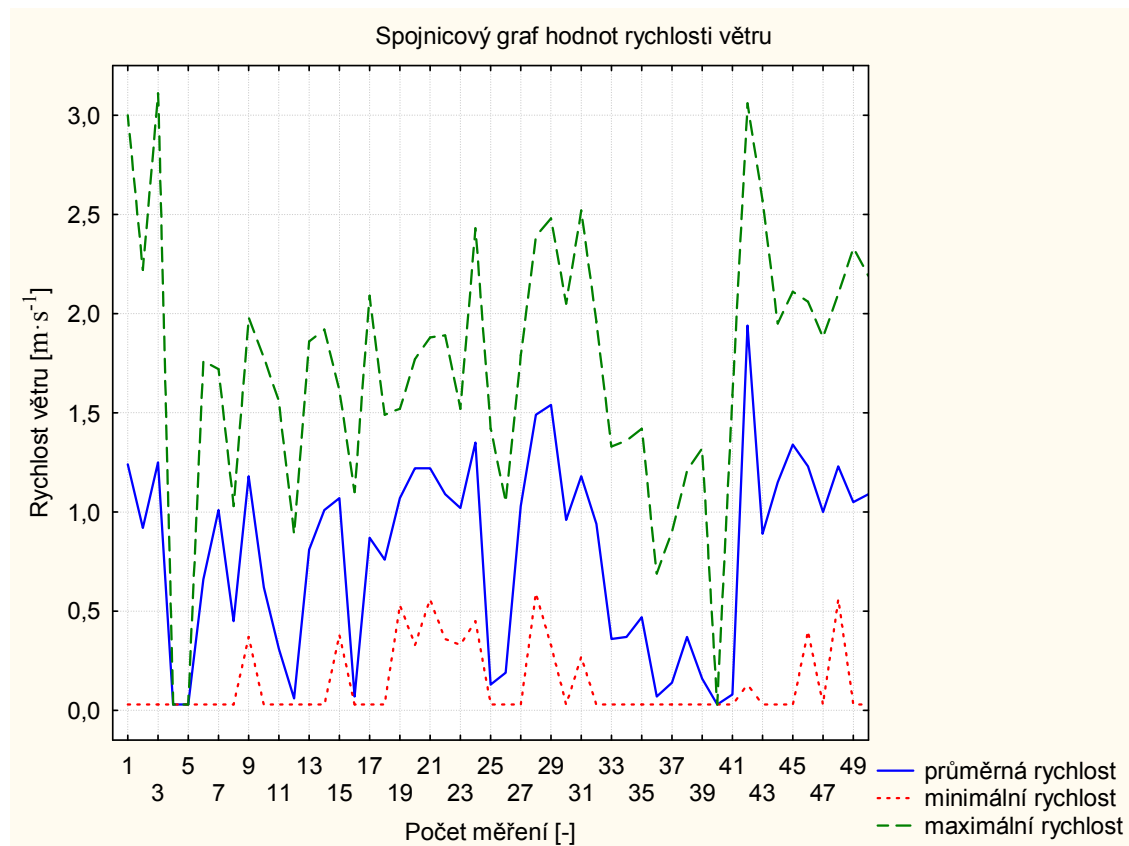
Spojnicový graf ukazuje výše uvedené hodnoty z jiného úhlu pohledu. Zelená křivka reprezentuje maximální hodnoty naměřené během intervalu, červená křivka hodnoty minimální a modrá hodnoty průměrné. Maximální křivku rychlosti větru lze také označit jako křivku nárazu větru. Graf na obrázku 13 je detailem ze spojnicového grafu.

Detail opět nemá vysokou výpovědní hodnotu, ale v porovnání s detailem spojnicového grafu teplot je mnohem proměnlivější. Lze vidět, že průměrná hodnota je ohraničena hodnotou minimální a maximální, ovšem hodnoty nekopírují průměrnou hodnotu tak těsně jako v případě teplotní křivky.

Obrázek 26: Spojnicový graf rychlostí větru 2000

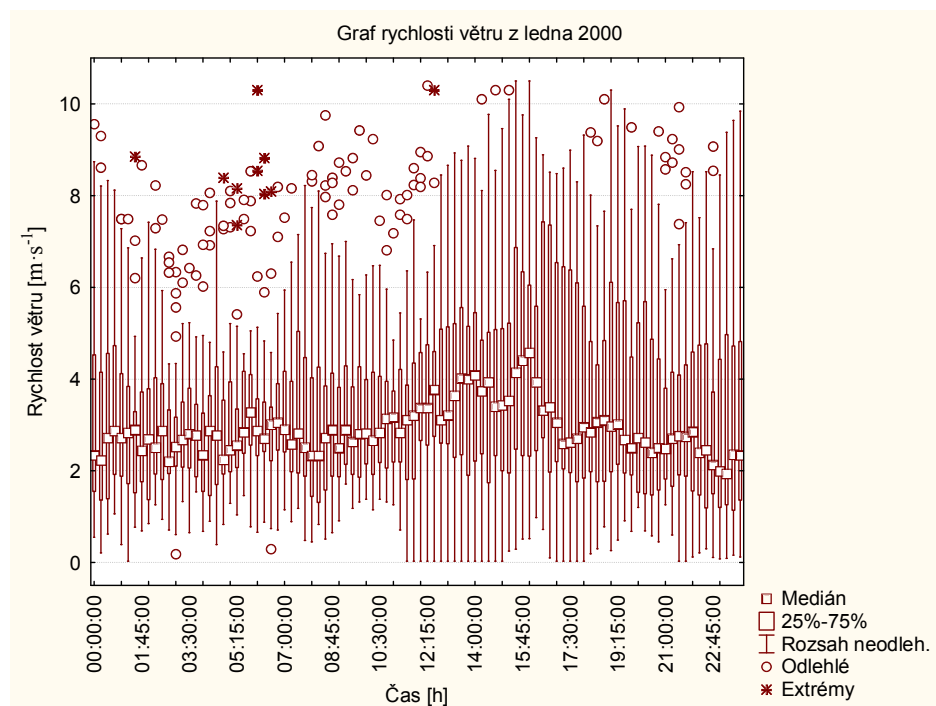


Obrázek 27: Detail spojnicového grafu



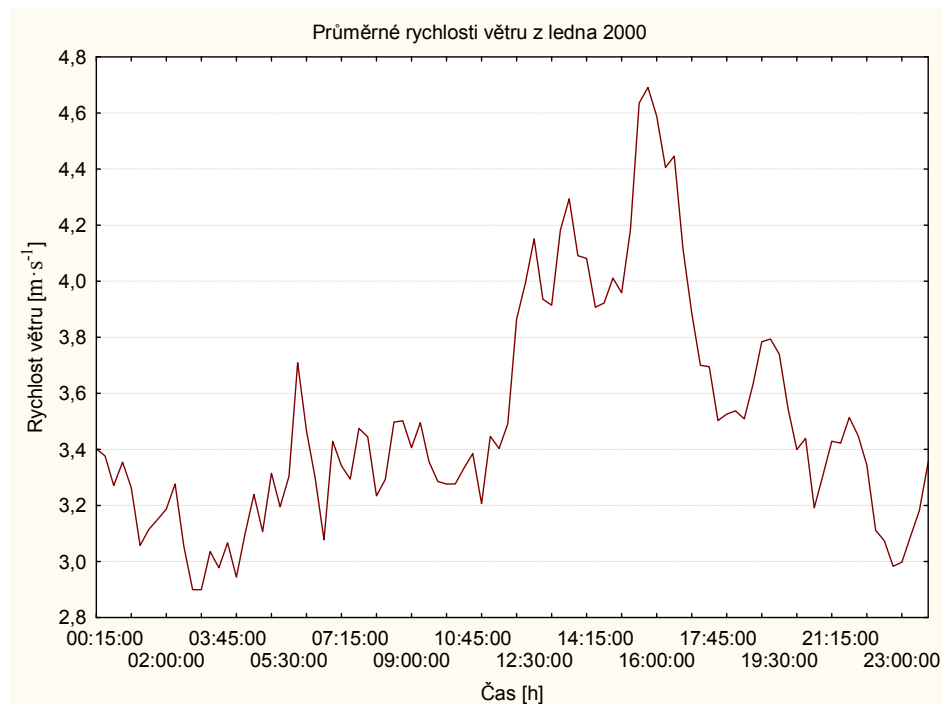
Krabicový graf nejlépe vypovídá o mediánu a rozsahu hodnot ať už neodlehých, odlehých, či o extrémech. Hodnoty jsou více rozptýlené a méně předpověditelné než mírné nijak výrazně vybočující změny teplot. V ranních hodinách je pás neodlehých hodnot znatelně užší než během odpoledních a večerních hodin, kdy je tedy proměnlivost rychlosti větru mnohem větší.

Obrázek 28: Krabicový graf rychlosti větru



Spojnice lednových průměrných rychlostí větru vykazuje minimum v noci a brzy ráno a maximum odpoledne kolem 14. a 16. h. Tento trend odpovídá předpokladům v oblasti položené pod 500m. n. m., kam Brno patří.

Obrázek 29: Spojnice průměrných lednových rychlostí větru



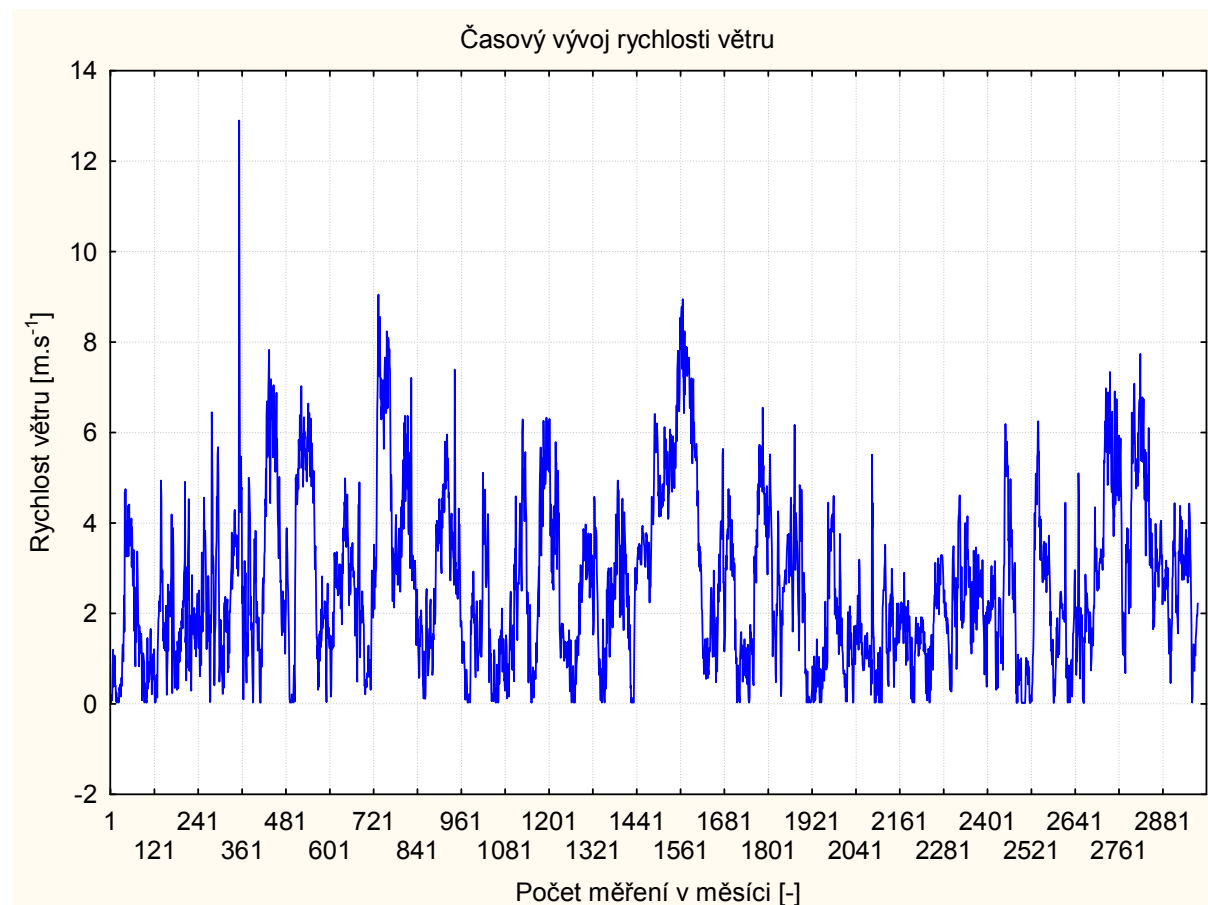
Tabulka 11: Statistický rozbor rychlosti větru

Rychlost větru z července 2000 v $[m \cdot s^{-1}]$ (2976 hodnot)			
	průměr	minimum	maximum
Průměr	2,6	0,7	5,4
Medián	2,3	0,5	4,7
Směrodatná odchylka	1,8	0,7	3,5
Minimum	0,0	0,0	0,0
Maximum	12,9	3,4	21,3
Dolní kvartil	1,2	0,0	2,6
Horní kvartil	3,7	1,1	7,4
Šikmost	0,8	0,9	0,8
Špičatost	0,3	0,1	0,2

Rychlost větru je meteorologická veličina, která nesouvisí s ročním obdobím tak silně jako třeba teplota, proto hodnoty ze dvou měsíců lze více porovnávat. Rychlost větru závisí spíše na orografických poměrech. Zástavba budov mění proudění vzduchu a dochází ke snížení rychlosti o 20 – 40% oproti volné krajině. Dále dochází také ke vzniku turbulentního proudění [19].

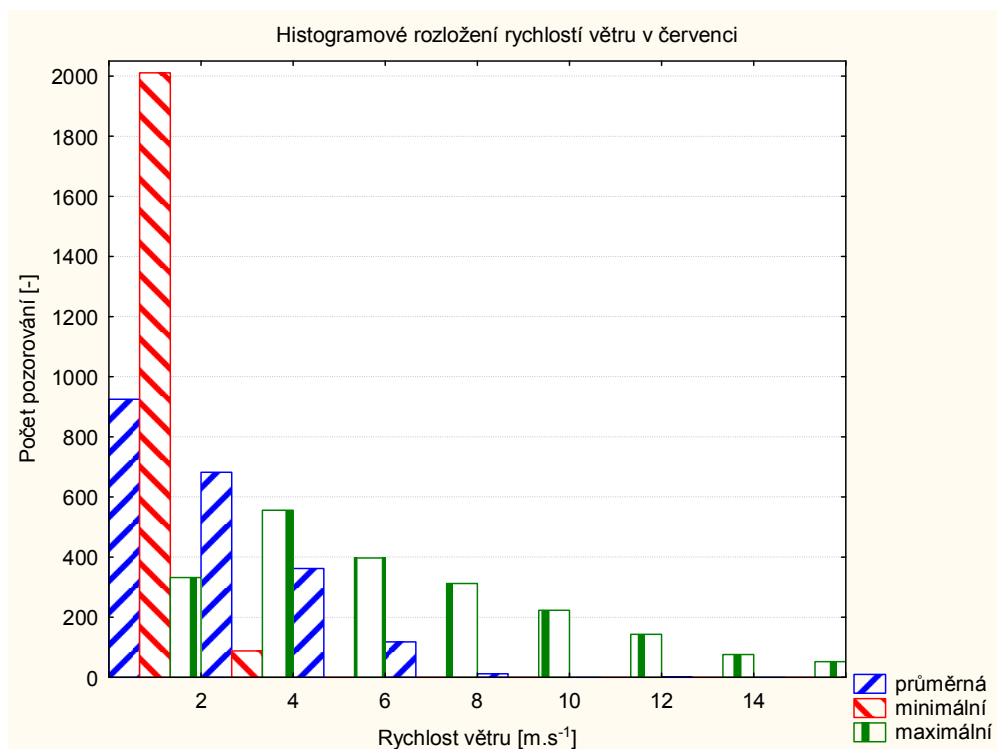
Rychlost větru v lednu dosahovala vyšších průměrných hodnot. Nejvyšší naměřené hodnoty bylo dosaženo v červenci ($21,3 m \cdot s^{-1}$), což je také zařazeno do stupně číslo 9 na stupnici síly větru. V grafu na obrázku 21 tuto hodnotu neuvidíme, protože je vytvořen z průměrných rychlostí za interval měření, ne z maximálních rychlostí větru.

Obrázek 30: Vývoj rychlosti větru v červenci 2000

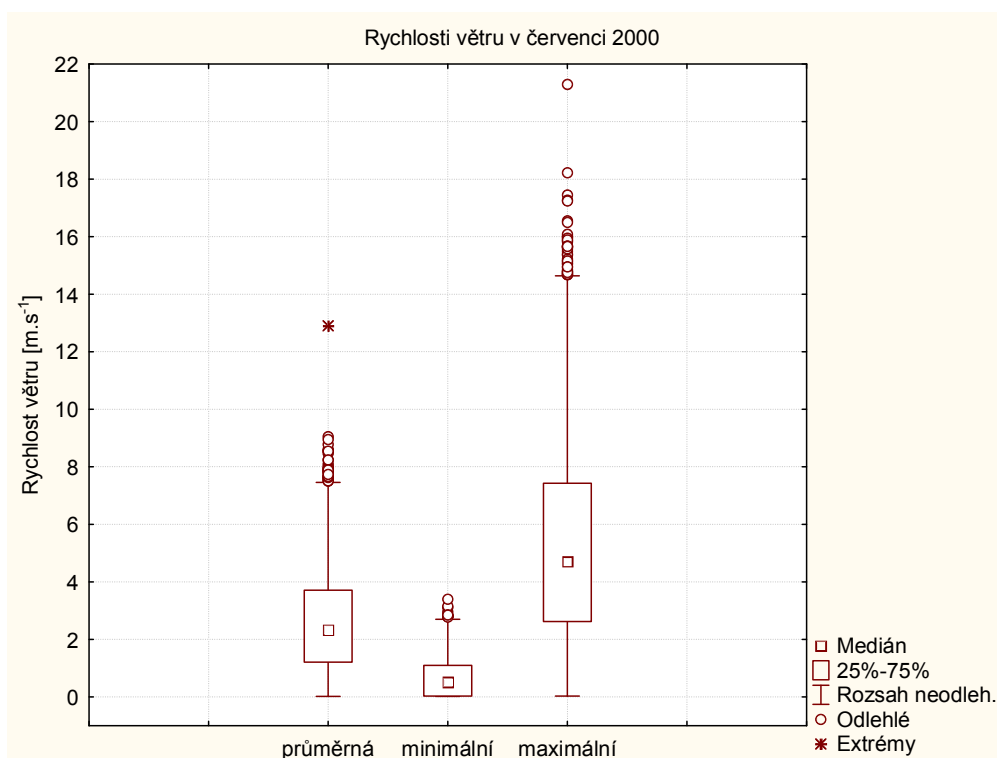


Obrázky 29 a 30 znázorňují stejná data z různých pohledů. Histogram vypadá velmi obdobně jako v měsíci lednu. Krabicový graf ovšem poskytuje nové informace o rozložení hodnot. Dá se říci, že minimální měření dosahuje do poloviny průměrných hodnot a průměrné zase do poloviny maximálních rychlostí. Jako extrém zde byla vyhodnocena pouze jediná hodnota a to právě maximum průměrných rychlostí větru.

Obrázek 31: Histogram z rychlosti větru v červenci 2000

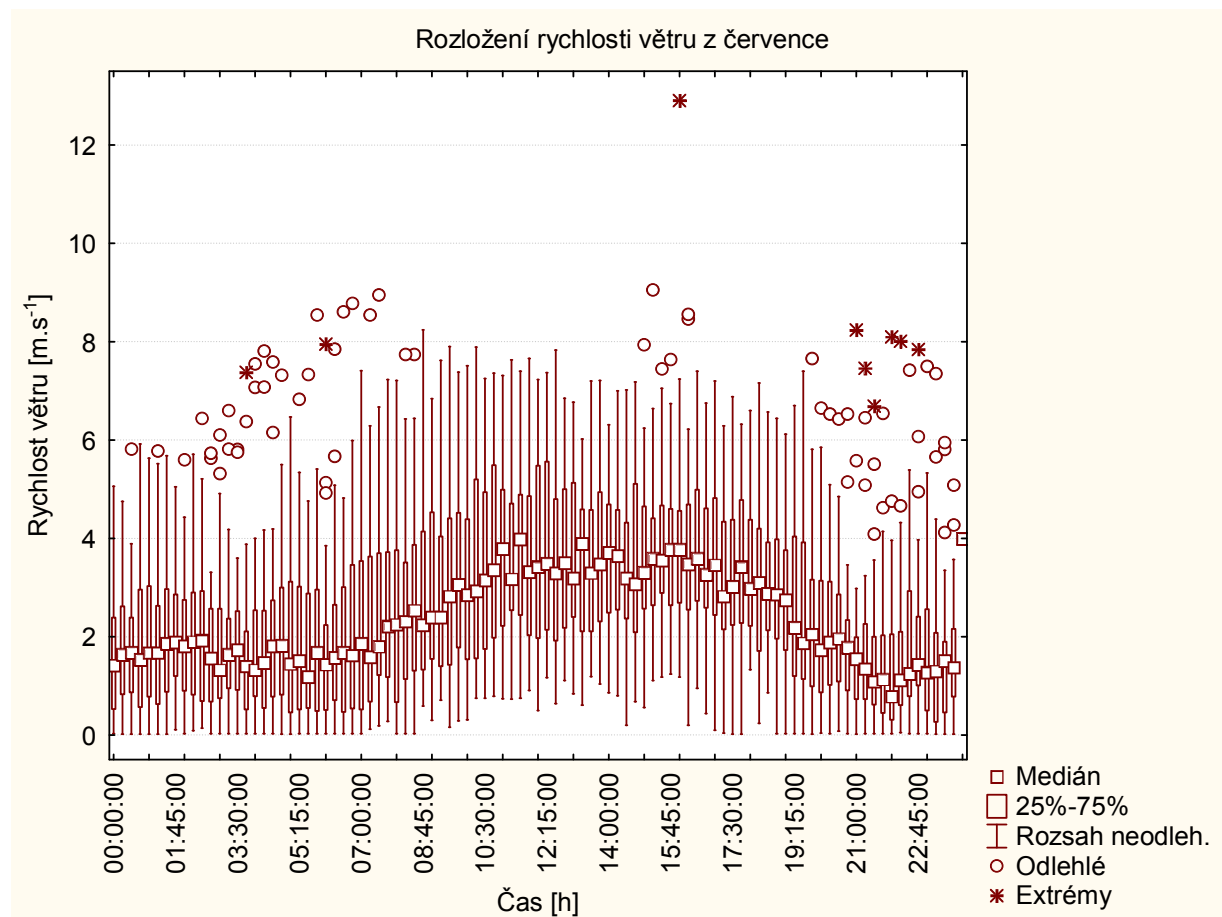


Obrázek 32: Znázornění rychlostí větru pomocí krabicového grafu



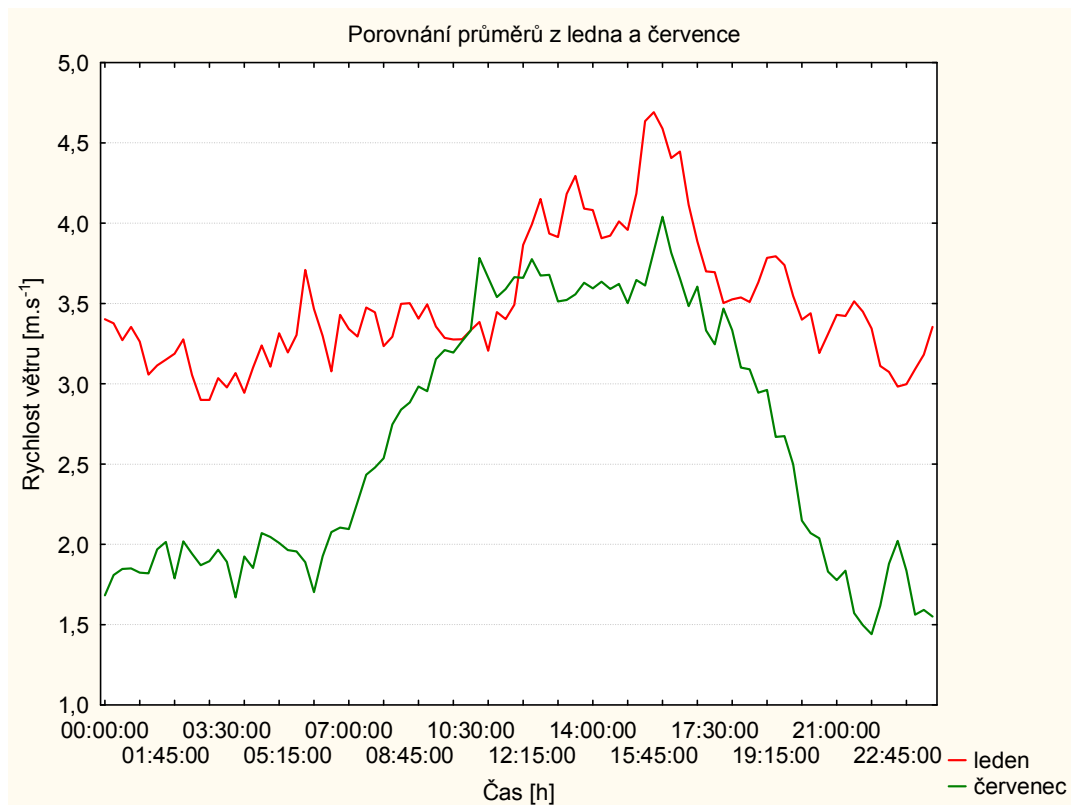
Z lednových hodnot jsem vyjádřila hypotézu, že v nočních hodinách je rychlost větru proměnlivější, červenec tuto hypotézu vyloučil. V červenci tedy nedocházelo k tak častým odpoledním a večerním rychlostním výkyvům jako v lednu.

Obrázek 33: Rozpětí rychlostí větru v čase za červenec 2000



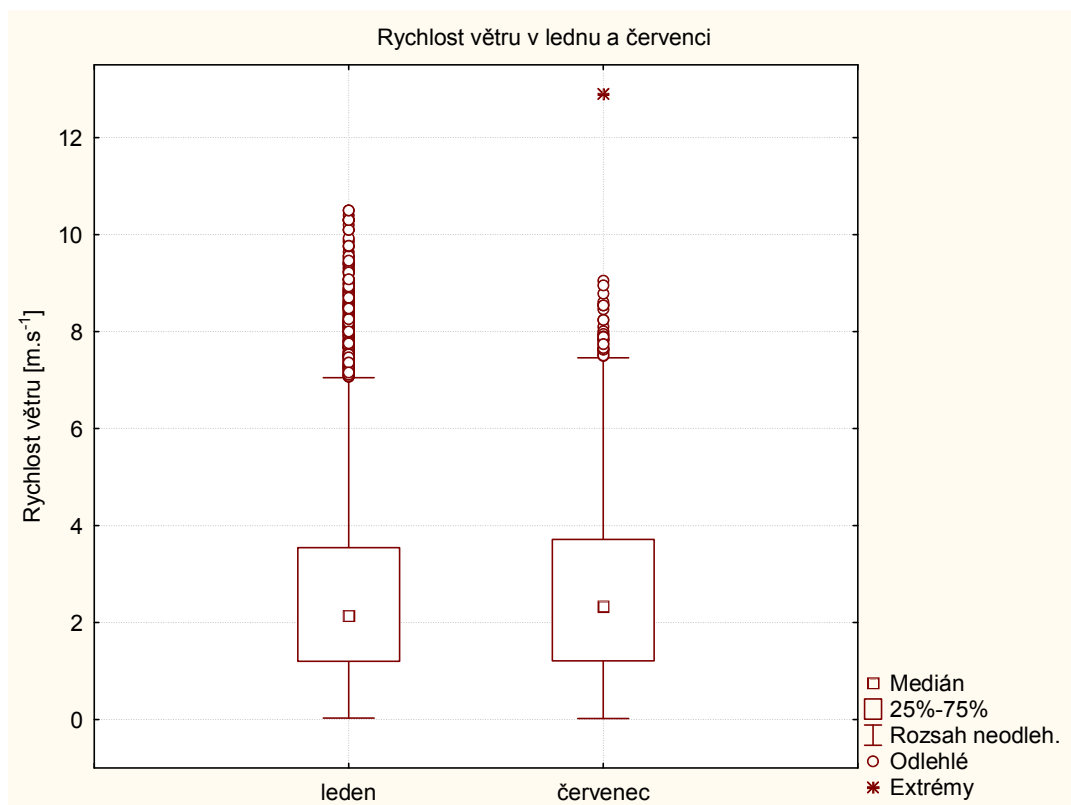
Průměrnou rychlost větru z července ukazují přímo v porovnání k měsíci lednu. Denní chod je zde mnohem výraznější. Maxima je dosaženo kolem 14. h a minima brzo ráno podle předpokladů. Červencová křivka je mnohem markantnější a rozpětí mezi jejím minimem a maximem činí $2,5 \text{ m.s}^{-1}$, rozsah lednových teplot je zhruba poloviční. Rozdíl mezi rychlostí větru v noci a ve dne je více znatelný v červenci.

Obrázek 34: Porovnání průměrných denních křivek



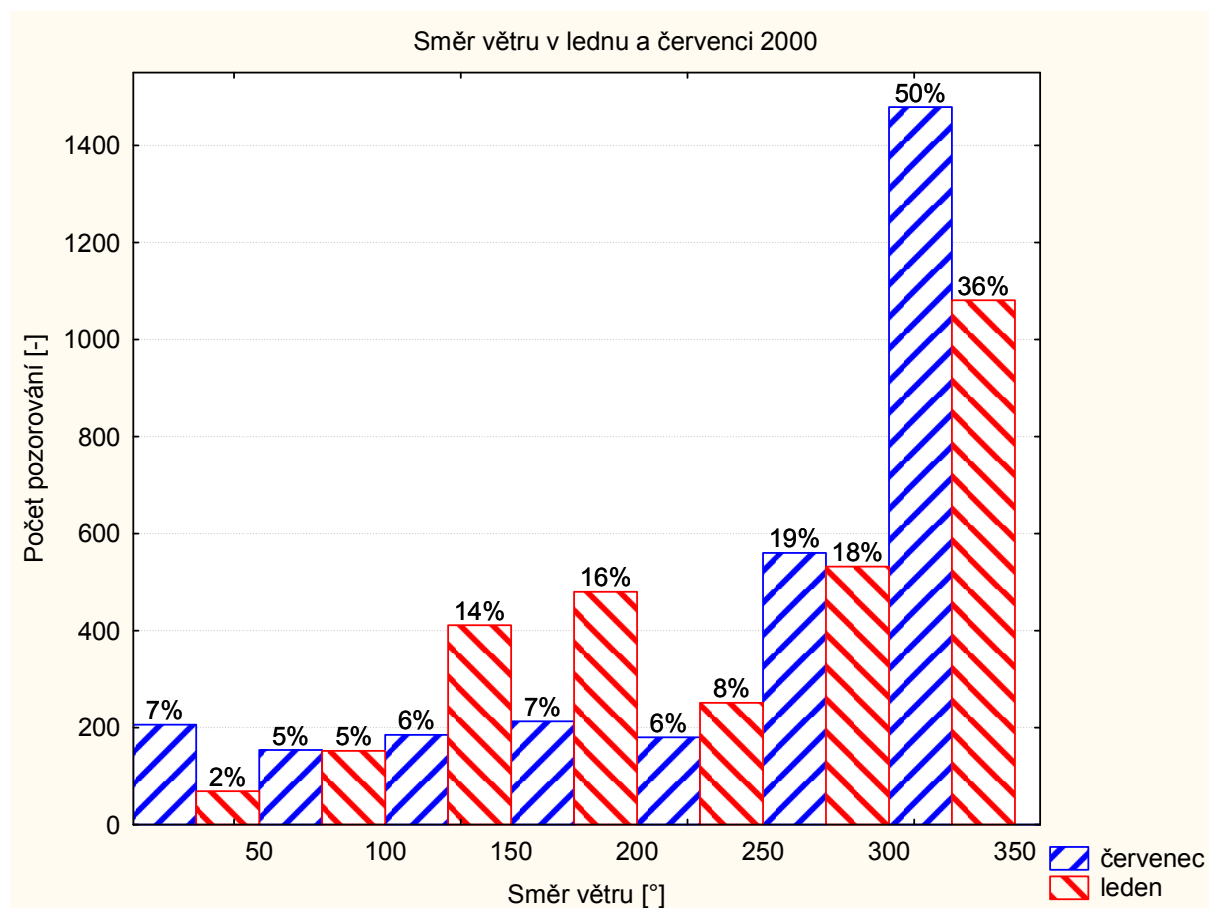
Dle krabicového grafu v lednu docházelo k prudším změnám rychlosti větru než v červenci. Toto je patrné ze znázornění odlehlých hodnot, které jsou v lednu častější a výraznější.

Obrázek 35: Srovnání měsíčních průměrných rychlostí větru



Směr větru je reprezentován histogramem a to pro oba měsíce zároveň. Směr větru při 90° hodnotíme jako vítr východní (E), 180° jako jižní vítr (S), 270°C západní vítr (W), 360° severní vítr (N). 0 označuje bezvětří. Modální hodnotou je zde severní směr větru, který značně převyšuje ostatní směry. V červenci severní vítr vane statisticky v každém druhém měřeném intervalu v lednu už jen v 36% všech měření. Přesto je vítr vanoucí od severu v Brně nejčastěji pozorovaným směrem větru.

Obrázek 36: Směr větru v červenci a v lednu roku 2000



8. Závěr

Cílem práce bylo seznámit se se strukturou dat snímaných na meteorologické stanici FAST VUT, zvolit vhodný programový prostředek k jejich zpracování a provést analýzy. Zadáání práce bylo splněno.

K pochopení meteorologických dat nestačí pouze tabulka struktury dat, ale bylo třeba zaměřit se více na jednotlivé meteorologické prvky. Důležité bylo nejen pochopit jejich fyzikální vlastnosti, díky kterým jsou to veličiny měřitelné, ale i porozumět principům jejich měření a seznámení se s meteorologickým měřicím přístrojem.

Volba vhodného programového prostředku byla neméně důležitá. Bylo nutné vybrat program, který poskytuje uživateli maximální statistickou podporu. STATISTICA toto zvládla. Použití paketu bylo nutné doplnit teoretickými znalostmi z oblasti statistiky.

Praktická část měla obsahovat analýzu a grafické vyjádření denního, týdenního a měsíčního intervalu. Grafické znázornění v denním intervalu je tvořeno vždy z dat za celý zvolený měsíc. Jednotlivé dny v měsíci jsou seřazeny podle času měření a je sestaven krabicový graf. Ten poskytuje vcelku jasnou a rychlou představu o rozložení hodnot během dne. Dále je vytvořen průměr hodnot za celý měsíc a sestavena křivka v časech měření. Na této křivce lze vyhledat denní periodický chod meteorologické veličiny. Týdenní interval je ukázán na tlaku vzduchu. Neexistuje žádný periodický týdenní chod tlaku vzduchu, ani jiné meteorologické veličiny. Během měsíčního intervalu v meteorologii také nedochází k výraznějším změnám, proto došlo k výběru právě ledna a července. Tyto dva měsíce jsou v roce nejvíce extrémní a nejvíce se od sebe liší. Je vykreslen vývoj veličiny v daném měsíci a histogramové rozložení četností.

Nyní se dostáváme k jednotlivým výsledkům analýzy. Křivku lednového tlaku vzduchu bohužel nelze srovnat s červencovou křivkou. Data poskytnutá meteorologickou stanicí nejsou kompletní. Proto je tlak vzduchu z roku 1998 a zbylé dvě veličiny z roku 2000. Tlak vzduchu nelze srovnat ani s další veličinou. Jak již bylo řečeno u komentáře ke grafům minimální naměřené hodnoty tlaku vzduchu jsou hluboko pod průměrem. Pro ověření správnosti naměřených dat byla použita data z [21] naměřená ve stejný den na brněnském letišti. Denní periodicitu nebyla nijak výrazně prokázána. Hodnoty odpovídaly předpokladům denního chodu tlaku vzduchu pouze částečně.

Teplotní rozbor nabízel více možností zpracování a porovnání nejen lednové teploty s červencovou, ale také porovnání teploty a rychlosti větru. Periodický chod teploty v lednu i v červenci odpovídal předpokladům a dosahoval minima před východem slunce a maxima v lednu kolem 14. a v červenci kolem 15. hodiny. Porovnání červencové teploty s červencovou rychlostí větru dokazuje působení proudění větru na ochlazování.

Rozbor přízemních charakteristik větru je poslední analyzovanou částí. Na grafech je na první pohled patrné, že dochází k mnohem větším a prudším výkyvům než u teplotního měsíčního vývoje. Do statistik je zahrnuta minimální, průměrná a maximální rychlost větru. Vítr v obou měsících dosáhl v nárazech maxima kolem $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. To je síla větru dosahující stupně 9 na Beaufortově stupnici, kdy dochází k poškození střech domů. Při porovnání průměrných denních rychlostí větru lze pozorovat jistou podobnost mezi křivkami teplot. I zde je lednová křivka méně výrazná a periodický chod je více patrný na průměrech červencových. Směr větru je vcelku jednostranný. Výrazně převažuje vítr vanoucí ze severu a to v létě i v zimě.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ilustrace ke vzorci.....	8
Obrázek 2: Úvodní prostředí MATLABu.....	16
Obrázek 3: Ukázka snadného importování dat do textového procesoru.....	17
Obrázek 4: Úvodní prostředí programu STATISTICA.....	18
Obrázek 5: Přehled grafů.....	19
Obrázek 6: Vývoj tlaku vzduchu v lednu 1998.....	21
Obrázek 7: Tlak vzduchu v jednotlivých dnech.....	22
Obrázek 8: Graf tlaku vzduchu.....	23
Obrázek 9: Průměr tlaku vzduchu z ledna 1998.....	24
Obrázek 10: Histogramové rozložení tlaku vzduchu.....	24
Obrázek 11: Týdenní grafy tlaku vzduchu.....	25
Obrázek 12: Týdenní spojnicový graf tlaku vzduchu.....	25
Obrázek 13: Vývoj teplot v lednu 2000.....	26
Obrázek 14: Detail spojnicového grafu.....	27
Obrázek 15: Graf teplot z ledna 2000.....	28
Obrázek 16: Spojnice průměrů z lednových teplot.....	29
Obrázek 17: Histogram z lednových teplot.....	29
Obrázek 18: Vývoj teplot v červenci 2000.....	30
Obrázek 19: Rozptyl červencových teplot v čase.....	31
Obrázek 20: Průměrná teplota za červenec 2000.....	31
Obrázek 21: Porovnání obou měsíců.....	32
Obrázek 22: Histogram červencové teploty.....	32
Obrázek 23: Závislost teploty a rychlosti větru na čase.....	33
Obrázek 24: Časová řada rychlosti větru.....	34
Obrázek 25: Histogramy rychlostí větru.....	35
Obrázek 26: Spojnicový graf rychlostí větru 2000.....	36
Obrázek 27: Detail spojnicového grafu.....	36
Obrázek 28: Krabicový graf rychlosti větru.....	37
Obrázek 29: Spojnice průměrných lednových rychlostí větru.....	37
Obrázek 30: Vývoj rychlosti větru v červenci 2000.....	38
Obrázek 31: Histogram z rychlosti větru v červenci 2000.....	39
Obrázek 32: Znázornění rychlostí větru pomocí krabicového grafu.....	39
Obrázek 33: Rozptění rychlostí větru v čase za červenec 2000.....	40
Obrázek 34: Porovnání průměrných denních křivek.....	41
Obrázek 35: Srovnání měsíčních průměrných rychlostí větru.....	41
Obrázek 36: Směr větru v červenci a v lednu roku 2000.....	42

Seznam tabulek

Tabulka 1: Převodní vztahy jednotek tlaku	9
Tabulka 2: Tabulka převodních vztahů	10
Tabulka 3: Ukázka dat z přístroje multi-gas monitor	13
Tabulka 4: Ukázka naměřených dat z přístroje Meteos 4.....	13
Tabulka 5: Ukázka naměřených dat systémem Noel-vítr.....	14
Tabulka 6: Ukázka dat z měřicího systému Noel 2000.....	14
Tabulka 7: Hodnoty tlaku vzduchu z ledna 1998.....	21
Tabulka 8: Hodnoty teplot z ledna 2000.....	26
Tabulka 9: Statistický rozbor červencových teplot.....	30
Tabulka 10: Hodnoty rychlosti větru z ledna 2000	34
Tabulka 11: Statistický rozbor rychlosti větru.....	38

Použitá literatura

- [1] Bednář, J. *Meteorologie: Úvod do studia dějů v zemské atmosféře*, 1. vyd. , Praha:Portál, 2003. 223 s. ISBN 80-7178-653-5.
- [2] Brázdil, R. *Meteorologie a klimatologie*, , [online]. [cit. 2010-04-30].
Dostupné z <<http://www.geogr.muni.cz/archiv/vyuka/MeteoKlima/index.html>>.
- [3] Bublík, P. *Meteorologie*, [online]. 2007 [cit. 2010-04-27]. Dostupné z
<<http://www.jcots.cz/data/file/prednasky/meteorologie2007.pdf>>.
- [4] Heringová, B. , Hora, P. *MATLAB* [online]. 1995 [cit. 2010-02-02].
Dostupné z < <http://www.cdm.cas.cz/czech/hora/vyuka/mvs/tutorial.pdf> >.
- [5] Hustopecký, J. *Vícerozměrné statistické metody s aplikacemi*. 1. vyd. , Praha: SNTL, 1987, 456 s. ISBN 04-323-87
- [6] Kebert, V. *Základy meteorologie a klimatologie*[online]. 1993 [cit. 2010-04-06].
Dostupné z <http://www.soshorovice.cz/txt/meteo/meteo_7410.pdf>.
- [7] Kemel, M. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*, 1. vyd. , Praha: ČVUT, 1996. 289 s. ISBN 80-01-01456-8
- [8] Králová, H. *Meteorologická stanice FAST VUT v Brně* [online]. [cit. 2010-01-26].
Dostupné z < <http://www.fce.vutbr.cz/vhk/meteo.html> >.
- [9] Králová, H. , Vybíralová, P. , Malá, J. *Atmosférický oxid uhličitý a agresivita srážkových vod v městském prostředí*. [online] 2003. [cit. 2010-01-26].
Dostupné z < http://www.sav.sk/journals/zivpros/pdf/2003_05_262-279.pdf >.
- [10] Matoušek, J. *Počasí, podnebí a člověk*, 1. vyd. , Praha: Avicenum, 1988. 296 s. ISBN 08-058-88

- [11] Metelka, L. *Využití software STATISTICA na Českém hydrometeorologickém ústavu* [online]. [cit. 2010-04-07]. Dostupné z <http://www.statsoft.cz/sluzby/2-analyzy-konzultace/9-zkusenosti-z-chmu/detail/>.
- [12] Rožnovský, J. Odhady změn na našem území. *VERONICA*, 2009, roč. 23, č. 5, s. 10. ISSN 1213-0699.
- [13] Schulz, J. *Diagnosticke grafy v programu STATISTICA*, [online]. [cit. 2010-02-06]. Dostupné z http://is.muni.cz/th/150971/prif_b/Diagnosticke_grafy_v_programu_STATISTICA.pdf
- [14] Soukup, P. *Statistika v Excelu*, Fakulta sociálních věd Karlovy univerzity [online]. [cit. 2010-02-06]. Dostupné z http://samba.fsv.cuni.cz/~soukup/vsp_kombi/statistika/Statistika%20v%20Excelu.doc >.
- [15] Tvrđík, J. *Analýza dat*, [online]. 2006 [cit. 2010-02-02]. Dostupné z < <http://www.informatika-osu.czechian.net/files/ANDAT.pdf> >.
- [16] Vysoudil, M. *Meteorologie a klimatologie*, Olomouc: Vydavatelství UP, 2004, 282 s. , ISBN 80-244-0875-9
- [17] Zvára, K. *Biostatistika*, 2. vyd., Praha: Karolinum, 2008. 213 s. ISBN 978-80-246-0739-9
- [18] *Automatický meteorologický systém METEOS 4* [online]. [cit. 2010-01-26]. Dostupné z < <http://www.chmu.cz/meteo/ok/ok2.html> >.
- [19] *Krajina a lidská sídla*, [online]. [cit. 2010-4-25]. Dostupné z <http://znamky.szesro.cz/text/Agropodnik%C3%A1n%C3%AD%20K%C5%BDP%20008/Krajina%20a%20lidsk%C3%A1%20s%C3%ADdla.doc>.
- [20] *Meteocentrum, vše o počasí* [online]. 2009 [cit. 2009-12-15]. Dostupné z < <http://www.meteocentrum.cz> >.
- [21] *Weather history*, [online]. [cit. 2010-4-25]. Dostupné z <http://czech.wunderground.com/history/airport/>.